

**Entwicklung eines großmaßstäbigen kartographisch- und GIS-gestützten
Bewertungsverfahrens für suburbane Böden in Berlin**

Dissertation

**zur Erlangung des akademischen Grades doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)
im Fachbereich Geographie**

**eingereicht an der Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II
der Humboldt-Universität zu Berlin**

von Dipl.- Geogr. Mohamed Ali Mohamed
geboren am 02.06.1975 in Aleppo/Syrien

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin

Prof. Dr. Dr. h. c. Christoph Marksches

Dekan der Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II

Prof. Dr. Peter Frensch

Gutachter:

1. Prof. Dr. Hilmar Schröder
2. Prof. Dr. Bernhard Nitz
3. Prof. Dr. Otfried Baume

Eingereicht am: 28.10.2009

Tag der Verteidigung: 11.02.2010

**Entwicklung eines großmaßstäbigen kartographisch- und GIS-gestützten
Bewertungsverfahrens für suburbane Böden in Berlin**



308 S., 68 Abb., 66 Tab.
in zwei Bänden (Text und Anlagen)

Dissertation

von
Dipl.-Geogr. Mohamed Ali Mohamed

am
Geographisches Institut der Humboldt Universität zu Berlin

Berlin 2009

Danksagung

Für das Gelingen dieser Arbeit bin ich verschiedenen Personen zu Dank verpflichtet. An erster Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Hilmar Schröder und Herrn Dr. Mohsen Makki nennen.

Herrn Prof. Dr. Schröder danke ich für die Unterstützung dieses Themas sowie für wichtige wissenschaftliche Hinweise zum Aufbau der Arbeit.

Herrn Dr. Makki danke ich für seine Hilfsbereitschaft bei der Daten- und Literaturbeschaffung sowie für zahlreiche konstruktive Diskussionen, die wesentlich zum Fortgang der Arbeit beigetragen haben.

Bedanken möchte ich mich bei den folgenden Fachleuten der Fachgebiete in GIS, Bodenkunde und Kartographie und den Mitarbeiter in staatlichen Institutionen und Forschungszentren, die mir bei meinen Anfragen stets freundlich und kompetent weiterhelfen konnten:

Herr Prof. Dr. *Bernhard Nitz* (Humboldt-Univ. zu Berlin), Herr *Andreas Richter* (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), Herr *Michael Außendorf* (Bayerisches Landesamt für Umwelt München), Herr *Helmer Honrich* (Referat für Gesundheit und Umwelt München), Herr Prof. Dr. *Ludwig Ellenberg* (Humboldt-Univ. zu Berlin), Herr Dr. *Heinz Peter Schrey* (Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen), Herr Dr. *Wolf Eckelmann* (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), Herr Dr. *Klaus-Jörg Hartmann* (Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt), Herr Dr. *Alexander Gröngroft* (Univ. Hamburg), Herr Dr. *Michael Fuchs* (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), Herr Dr. *Henrik Helbig* (Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt), Herr *Ralph Brinkmeier* (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin), Herr *Manfred Goedecke* (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin), Herr Dr. *Andreas Faensen-Thiebes* (Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin), Frau Prof. Dr. *Ingrid Kögel-Knabner* (Technische Univ. München), Herr *Wolfgang Falk* (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft), Frau Dr. *Birgit König* (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin), Frau *Annette Rott* (Projekt „Bauleitplanung“ in Berlin-Adlershof), Herr *Christian Friedrich* (Ingenieurbüro Feldwisch Bergisch-Gladbach), Frau Dr. *Dorothea Stasch* (Univ. Hohenheim), Frau Prof. Dr. *Safieh Eid* (Univ. Damaskus), Herr Prof. Dr. *Bahjat Mohamed* (Univ. Damaskus).

Folgenden Personen danke ich auch für ihre Hilfe und Unterstützung bei der Ausführung der Arbeit:

Frau Dr. *Angelika Naß*, Herrn Dipl.-Geogr. *Patrick Griffiths*, Herrn Dipl.-Ing.Kart. *Gerd Schilling*, Herrn Dr. *Klaus Neitzel*, Herrn *Martin Leineweber*, Herrn Dipl.-Geogr. *Henry Munack*, Herrn Dipl.-Geogr. *Peter Bíró*, Frau Dipl.-Geogr. *Sabine Erbe*, Frau Dipl.-Geogr. *Levke Godbersen*, Herrn *Humayun Kabir*, Herrn Dr. *Berthold Oehm*, Herrn *Ahmad Fakhro*, Herrn Dipl.-Geogr. *Jan Lentschke*, Frau *Tatjana Ferl*, Herrn Dipl.-Chem. Dr. *Arnim Martin*, Frau Dipl.-Lehrerin *Renate Czepluch*, Frau Technische Assistentin *Anja Körle*, Herrn Dr. *Frank Ebermann*, Herrn Techniker *Klaus Hartmann*, Herrn *Stefan Süß*.

Ein herzliches Dankeschön gilt meinen Eltern und der Universität Aleppo in meiner Heimat, die mein Studium ermöglichten.

Abschließend widme ich diese Arbeit meiner Frau *Amal* und meinen Kindern *Ali*, *Hussein* und *Alisar Mohamed* für ihre lange Geduld.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	3
Symbol - und Abkürzungsverzeichnis	17
Zusammenfassung	20
Summary	22
1 Einführung.....	24
2 Problemstellung und Zielsetzung	27
3 Forschungsstand	30
3.1 Grundsätzliches zum Verständnis von Bodenbewertung und Bodenschutz	30
3.1.1 Begriffsbestimmungen	30
3.1.1.1 Bodenbezogene Parameter	34
3.1.1.2 Inhaltliche Definitionen der Bodenfunktionen.....	36
3.1.1.3 Bodenschutz	39
3.1.2 Bewertung von Bodenfunktionen und Methodik der Bodenbewertung.....	40
3.2 Bodenfunktionsbewertung als Grundlage bodenschutzorientierter Raumplanung.....	41
3.3 Nutzung der Geographischen Informationssysteme	44
3.3.1 Aufbau von geographischen Informationssystem (GIS).....	44
3.3.1.1 Allgemein.....	44
3.3.1.2 Datentypen in GIS (Geometrie- und Topologiedaten und Grafikdaten).....	44
3.3.1.3 Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation (EVAP) in GIS	45
3.3.2 Fach- und aufgabenbezogene Ausprägungen von GIS	46
3.3.3 Einsatz Geographischer Informationssystem in der bodenschutzorientierten Raumplanung	47
3.3.4 Bodeninformationssysteme	48
3.3.5 Kartographische Darstellungen von Bodendaten.....	52
4 Bewertung von Bodenfunktionen in der Bundesrepublik Deutschland.....	54
4.1 Übersicht der Bodenfunktionsbewertung in Deutschland.....	54
4.1.1 Rechtliche Regelungen zur Erhaltung der Bewertung von Bodenfunktionen	54
4.1.2 Situation der Bewertung von Bodenfunktionen	56
4.2 Datenverfügbarkeit und Anwendbarkeit der Bodenbewertungsmethoden	62
4.3 Verfahren und Kriterien zur Bewertung der Bodenfunktionen.....	63
5 Datengrundlagen und Methoden	67
5.1 Vorliegende Daten und ihre Auswertung.....	67
5.2 Datenerhebung und -analyse	70
5.2.1 Bodenaufnahme im Gelände	70
5.2.2 Bodenanalyse im Labor.....	71
5.3 Ergebnisse	71
6 Allgemeine Bewertungsgrundsätze und Anforderungen an Bodenfunktionsbewertungssysteme	72
7 Schwerpunkt suburbane Berliner Böden.....	74
7.1 Die Böden Berlins	74
7.1.1 Naturräumliche Differenzierung des Stadtgebiets und das entstandene Ausgangsmaterial	74

7.1.2 Räumliche Verbreitung dominanter Bodentypen im Stadtgebiet Berlin	75
7.2 Auswahl der Testgebiete	77
7.3 Ausstattung bzw. naturräumliches Inventar der Testgebiete	78
7.3.1 Natur- und Landschaftspark Johannisthal	78
7.3.2 Tempelhof	80
7.3.3 Tiefwerder Wiesen	82
8 GIS-gestützte großmaßstäbige Bodenbewertung	84
8.1 Datenbank.....	84
8.1.1 Bodenkundliche Datenbank	84
8.1.2 Aufbau der Informationsebene Boden	86
8.1.2.1 Herkunft der bodenkundlichen Parameter und Problematik ihrer Erfassung	86
8.1.2.2 Datenaufbereitung	88
8.2 Anwendung der Methoden und Operationen in der Bodenbewertung.....	90
8.2.1 Datenerfassung	90
8.2.2 Datenbearbeitung (Verwaltung und Analyse).....	92
8.2.2.1 Überlagerung und Verschneidung (Overlay)	93
8.2.2.2 Berechnung der Flächengrößen und Feldwertberechnung.....	95
8.2.2.3 Datenabfragen (SQL-Abfragen).....	96
8.2.2.4 Datenexport	97
8.2.2.5 Anwendung der Bewertungsverfahren in der Bodendatenbank zur Funktionswert- ermittlung.....	98
8.2.2.5.1 Herstellung der Beziehungen zwischen den Tabellen der Informationsebene Boden	98
8.2.2.5.2 Ermittlung der Bewertungsergebnisse in der Datenbank.....	99
8.2.2.6 Verknüpfung der Geometrien und ihre Bodendaten mit den Wertzahlen der Bodenbewertung	101
8.2.3 Gesamtbewertung und Darstellung der Bewertungsergebnisse in den thematischen Karten.....	101
9 Vergleich der Bodenbewertungsverfahren bei der großmaßstäbigen Bewertung durch Erstellung von Bodenfunktionskarten	106
9.1 Idee und Konzept der Erstellung und des Vergleiches der Bodenfunktionskarten.....	106
9.2 Anwendung der Bewertungsverfahren an einem Beispiel „suburbane Berliner Böden“.	108
9.2.1 Gruppe Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)...	109
9.2.2 Gruppe Naturnähe	114
9.2.3 Gruppe Potenzial zur Belastung mit Schadstoffen.....	119
9.2.4 Gruppe Regelung im Wasserhaushalt	127
9.2.5 Regulator im Nährstoffkreislauf.....	135
9.2.6 Gruppe Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle	140
9.2.7 Gruppe Bindung von organischen Schadstoffen.....	145
9.2.8 Gruppe Abbau von organischen Substanzen.....	148
9.2.9 Gruppe Säureneutralisationsvermögen	153
9.2.10 Gruppe Speicherpotenzial für Nährstoffe	155
9.2.11 Gruppe Schutzfunktion des Grundwassers	158
10 Entwurf eines großmaßstäbigen Bodenfunktionsbewertungssystems mittels Teilfunktionen für Metropolenböden	164
10.1 Diskussion des Bodenbewertungsverfahrens	164
10.2 Methoden zur Bewertung der Bodenteilfunktionen	166

10.2.1 Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen (LRF) (BBodSchG § 2, Abs. 2, 1a)	166
10.2.1.1 Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen (LRF1)	167
10.2.1.2 Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen (LRF2)	171
10.2.2 Bestandteil des Naturhaushalts insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen (BNH) (BBodSchG § 2, Abs. 2, 1b)	181
10.2.2.1 Boden als Bestandteil des Wasserkreislaufs (BNH1)	181
10.2.2.2 Boden als Bestandteil des Nährstoffkreislaufs (BNH2).....	185
10.2.3 Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere zum Schutz des Grundwassers (AAA) (BBodSchG § 2, Abs. 2, 1c)	189
10.2.3.1 Boden als Filter und Puffer für anorganische sorbierbare Schadstoffe (Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen) (AAA1)	190
10.2.3.2 Boden als Filter und Puffer für organische Schadstoffe (Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen) (AAA2)	194
10.2.3.3 Boden als Abbaumedium für stoffliche Einwirkungen (organische Schadstoffe) (AAA3)	198
10.2.3.4 Puffervermögen für saure Einträge (AAA4).....	201
10.2.3.5 Schutz des Grundwassers (Boden als Abbaumedium auf Grund der Stoffumwandlungseigenschaften zum Schutz des Grundwassers) (AAA5)	205
10.2.4 Archivfunktion (AF) (BBodSchG § 2, Abs. 2, 2)	209
10.2.4.1 Archivfunktion für die Naturgeschichte (AF1).....	209
10.3 Vorschlag zur Gesamtbewertung	213
11 Vorschläge für die Planung	221
11.1 Maßstab der Ermittlung von Bewertungsparametern zur großmaßstäbigen Bewertung von Stadtböden	221
11.2 Integration zum Bodenschutz im Rahmen der Raumplanung.....	221
12 Verbesserungsvorschläge und Ausblick.....	229
Quellenverzeichnis	234
13 Literatur-Quellen.....	234
14 Normen-, Gesetze-, und Verordnungen-Quellen	241
15 Karten- und Luftbilder-Quellen	242
16 Internet-Quellen	244
Abstrakt	306
Abstract	307

Tabellen - Verzeichnis

Tab. 1: Boden- und Bodenteilfunktionen und ihre Bewertungskriterien	33
Tab. 2: Kriterien zur Beschreibung und Bewertung der Teilfunktionen wie Lebensraumfunktionen Wasserhaushalt sowie Puffer- und Filterfunktionen	34
Tab. 3: Basisparameter zur Ableitung von Kennwerten	35
Tab. 4: Beispiel für die Verknüpfung von einfachen, aufgenommenen zu komplexen, abgeleiteten Bodenparametern zur Kennzeichnung der Kriterien für die Funktionserfüllung „Lebensraumfunktion für naturnahe und seltene Pflanzengesellschaften“	35
Tab. 6: Fach- und aufgabenbezogene Ausprägungen von Geoinformationssystemen.....	47
Tab. 11: Zusammenstellung der häufigen genannten Eingangsparameter zur Bewertung der verschiedenen Bodenfunktionen	66
Tab. 16: Boden und Nutzungseigenschaften im Untersuchungsgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal.....	80
Tab. 18: Boden und Nutzungseigenschaften im Flughafen Tempelhof (siehe auch Karte 4 in den Anlagen).....	81
Tab. 20: Boden und Nutzungseigenschaften im Testgebiet Tiefwerder Wiese (siehe auch Karte 6 in den Anlagen)	83
Tab. 26: Überblick über die Bewertung des „Potenzials als Trockenstandorts“ und des „Potenzials als Feuchtstandort“ und Klasseneinteilung bei der Wertstufenzuordnung durch die Methoden der Gruppe „Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)“	109
Tab. 27: Einschätzung der Belastungsstufen der Oberböden anhand des Kriteriums „belastete Flächen“ in den Testgebieten nach der Methode MN 1.5.	127
Tab. 28: Überblick über die Eingangsparameter, ihre Verknüpfungsregeln und die Bildung der Bewertungswertstufen für die Methoden der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“	127
Tab. 29: Überblick über die Eingangsparameter, ihre Verknüpfungsregeln und die Bildung der Bewertungs-wertstufen für die Methoden der Gruppe „Regulator im Nährstoffkreislauf“ ...	135
Tab.30: Ermittlung und Bewertung der Gruppe „Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle“ nach den Methoden BE 3.1, HH 3.4 und MN 3.8.....	141
Tab. 31: Überblick zu Eingangsparametern und Wertstufengrenzen für die Methoden der Gruppe „Schutzfunktion des Grundwassers“	159
Tab. 32: Aufnahme der Proben in Anlehnung an die Vorgaben der BBodSchG zur Bewertung der Teilfunktion „Lebensgrundlage für den Menschen“	168
Tab. 33: Einstufung der Messwerte für anorganische Schadstoffgehalte in mg/kg Trockensubstanz Boden nach Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerten der BBodSchV (1999).....	168
Tab. 34: Wertstufenzuordnung für die Teilfunktion „Lebensgrundlage für den Menschen“.....	169
Tab. 35: Zuordnung der Wertstufen für die Teilfunktion „Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen“ anhand der Wertzahlen für die nutzbare Feldkapazität im Durchwurzelungsraum (Kriterium: Trockenstandort für die Teilfunktion)	172
Tab. 36: Zuordnung der Wertstufen für die Teilfunktion „Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen“ anhand der Wertzahlen für die nutzbare Feldkapazität im Durchwurzelungsraum (Kriterium: Feuchtstandort für die Teilfunktion).....	173
Tab. 37: Bewertung der bodenkundlichen Feuchte von Standorten gemäß des Einflusses von Grundwasser und der nutzbaren Feldkapazität im Durchwurzelungsraum.....	174

Tab. 38: Bewertung der Nährstoffversorgung anhand der mittleren effektiven Kationenaustauschkapazität im effektiven Wurzelraum	174
Tab. 39: Tiefen des effektiven Wurzelraumes (in cm) in Abhängigkeit von Bodenart und Nutzung.	175
Tab. 40: Zuordnung der Wertzahl für das Kriterium Naturnähe/anthropogener Einfluss der Berliner Böden basierend auf den Hemerobiestufen.....	175
Tab. 41: Zuordnung der Wertzahl für das Kriterium Biotopentwicklungspotential	176
Tab. 42: Zuordnungsmatrix zur Bestimmung der Wertstufe für die abschließende Bewertung der Teilfunktion „Lebensgrundlage für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen“ anhand der Wertzahlen für Naturnähe/anthropogener Einfluss und Biotopentwicklungspotential (Kriterium: Biotopentwicklungspotenzial und Naturnähe)	176
Tab. 43: Bewertung des Wasserspeichervermögens (WSV) anhand der nutzbaren Feldkapazität und Luftkapazität [mm bzw. l/m ²].....	182
Tab. 44: Bewertung des Infiltrations-vermögens anhand des kf-Wertes [cm/d].....	182
Tab.45: Zuordnungsmatrix zur Bestimmung der Wertstufen für Bewertung der Teilfunktion „Bestandteil des Wasserkreislaufs“ anhand der Wertzahlen für Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert) und Wasserspeicher-vermögen (nFK + LK) (Kriterium: Infiltrations- und Versickerungspotenzial für Niederschlagswasser (Oberflächenwasser))	183
Tab. 46: Bewertung des Kriteriums „Nährstoffversorgung“ anhand der Menge von austauschbar gebundenen Kationen (S-Wert) des Feinbodenmaterials [mol/ m ²] für den Oberboden (0-3 dm)	186
Tab. 47: Bewertung des Kriteriums „Wasserversorgung“ anhand der nutzbaren Feldkapazität (mm) für den Oberboden (0-3 dm) (Flachwurzelzone)	186
Tab. 48: Wertstufenzuordnung für die Bewertung der Teilfunktion „Boden als Bestandteil des Nährstoffkreislaufs“ anhand der Summe der Wertzahlen für die Bewertungen „Wasserversorgung“ und „Nährstoffversorgung“ (Kriterium „Fähigkeit des Bodens zur Wasser- und Nährstoffabgabe an die Pflanzen“ (landwirtschaftliche und gartenbauliche Kulturpflanzen))	186
Tab. 49: Bestimmung der relativen Bindungsstärke eines Bodenhorizonts für Schwermetalle (Cadmium) in Abhängigkeit vom pH-Wert	191
Tab. 50: Zuschläge zur relativen Bindungsstärke eines Bodenhorizonts für Schwermetalle (Cadmium) in Abhängigkeit vom Humusgehalt und Tongehalt.....	192
Tab. 51: Wertstufenzuordnung für die Teilfunktion „Boden als Filter und Puffer für Schwermetalle (Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen)“ anhand der relativen Bindungsstärke (Kriterium: Fähigkeit des Bodens zur Bindung von Schwermetallen).....	192
Tab. 52: Bestimmung des H-Wertes (Bindungsstufe in Abhängigkeit von der organischen Substanz)	195
Tab. 53: Bestimmung des T-Wertes (Bindungsstufe in Abhängigkeit von der Bodenart).....	196
Tab. 54: Einstufung der mikrobiellen Abbauleistung für gehölzbestandene Biotope und Moore	199
Tab. 55: Einstufung der mikrobiellen Abbauleistung für anthropogene Böden.....	199
Tab. 56: Durchschnittliche Trockenrohdichten verschiedener Humusformen.....	203
Tab. 57 : Bestimmung der Wertstufe für die Teilfunktion „Pufferfunktion für Säuren“	203
Tab. 58: Einstufung der nutzbaren Feldkapazität (nFK) [mm bzw. l/m ²]	207
Tab. 59: Einstufung der Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert) [cm/d]	207

Tab. 60: Zuordnungsmatrix zur Bestimmung der Wertstufen für die Bewertung der Teilfunktion „Schutz des Grundwassers“ anhand der Wertzahlen für Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert) und nutzbare Feldkapazität (nFK) (Kriterium: Qualität der Grundwasserneubildung).....	207
Tab. 61: Bewertung des Kriteriums „Seltenheit von Böden in der heutigen Verbreitung“ nach ihren Flächenanteilen [Flächen-%] für die Bewertung der Teilfunktion „Archiv der Naturgeschichte“	210
Tab. 62: Bewertung des Kriteriums „Naturnähe“ für die Bewertung der Teilfunktion „Archiv der Naturgeschichte“ anhand der Horizont- bzw. Substratabfolge	211
Tab. 63: Zuordnungsmatrix zur Bestimmung der Wertstufen für die Bewertung der Teilfunktion „Archivfunktion für die Naturgeschichte“ anhand der Wertzahlen für Seltenheit und Naturnähe (Kriterium: Seltenheit und Naturnähe des Bodens).....	211
Tab. 64: Bewertung der natürlichen Leistungsfähigkeit aufgrund der Anzahl der höchsten Wertstufen und Summe der Wertstufen der Bodenfunktionen	216
Tab. 65: Schema der Bewertung der Potenziale für eine Gesamtbewertung von Bodenfunktionen in der Reihenfolge ihrer Bedeutung für den Bodenschutz im Stadtgebiet Berlin im Rahmen des Planungsprozesses (Bauleitplanung).....	224
Tab. 66: Modell zur aggregierten Gesamtbewertung für die Bewertung der natürlichen Leistungsfähigkeit von „Berliner Böden“ im Rahmen des Planungsprozesses (Bauleitplanung) unter der Berücksichtigung der Grundtypen Priorisierung einzelner Bodenfunktionen und Maximal-wertprinzip (mit Verbindung mit Tab. 65 und Abb. 67)	224
Tab. 5: Wichtige GIS-Analyseverfahren in der Datenanalyse in GIS.....	246
Tab. 7: Anwendbarkeit der Bodenbewertungsmethoden auf Grundlage der Bodendatenverfügbarkeit in den oberen, mittleren und unteren Planungsebenen in den drei Städten Berlin, Hamburg und München.....	247
Tab.8: Methoden zur Bewertung der Bodenteilfunktionen nach dem Berliner Verfahren 2005 (BE), dem Hamburger Verfahren 2003 (HH) und dem bayerischen Verfahren 2007 (MN).	248
Tab. 9: Bodenkundliche Eingangsparameter und ihre Ableitungsmethoden, die in drei Bewertungsverfahren in drei Bundesstädten Berlin (BE), Hamburg (HH) und München (MN) verwendet wurden	251
Tab. 10: Eingangsparameter und deren Verwendung bei der Bewertung der einzelnen Teilfunktionen	255
Tab. 12 : Bodenaufnahme in den Untersuchungsgebieten Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese	256
Tab. 13: Physikalische und chemische Laboruntersuchungen nach ihren Analyseverfahren	257
Tab. 14: Ergebnisse der Bodenaufnahme und -analyse in den Untersuchungsgebieten Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese	258
Tab. 15: Zusammenfassung der Bodentypen/Bodenform der Bodengesellschaften Berlins nach ihren Flächenanteilen im Jahr 2005, ihrem Ausgangsgestein und ihrem Vorkommen in den naturräumlichen Einheiten	263
Tab. 17: Bodentypen nach den Leitprofildaten und ihre Flächennutzung auf Grundlage der Bodenkartierung im Untersuchungsgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal.....	265
Tab. 19: Bodentypen nach den Leitprofildaten und ihre Flächennutzung auf Grundlage der Bodenkartierung im Untersuchungsgebiet Flughafen Tempelhof.....	267
Tab. 21: Bodentypen nach den Leitprofildaten und ihre Flächennutzung auf Grundlage der Bodenkartierung im Untersuchungsgebiet Tiefwerder Wiese	268

Tab. 22: Die in die Bewertung der Testgebiete einfließenden Parameter und ihre Ableitungsmethode	269
Tab. 23: Ableitung der jährlichen Versickerung in (mm/a) für Hauptbodeneinheiten in Berlin.....	271
Tab. 24: Ableitung der jährlichen Versickerung in (mm/a) für Bodenarten in Berlin	271
Tab. 25: Zuordnung der im Vergleich berücksichtigten Bewertungsmethoden in den drei Bundesstädten in Gruppen (BE: Berlin, HH: Hamburg, MN: München)	272

Abbildungs- Verzeichnis

Abb. 1: Schematische Vorgehensweise zur funktionalen Bewertung von Böden.....	41
Abb. 2: Aufgaben und Bestandteile von GIS	44
Abb. 3: Objektivkomponenten in GIS.....	45
Abb. 4: Ein schematischer Aufbau eines Bodeninformationssystems am Beispiel des „Fachinformationssystems Bodenkunde“ des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung (NIBIS FISBo).....	50
Abb. 5: Aufbau des Fachinformationssystems Bodenkunde der BGR (FISBo BGR)	51
Abb. 6: Lage der drei Testgebiete „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“ in der Stadt Berlin	78
Abb. 8: Schematisierte und vereinfachte Struktur der Sachdaten in der Datenbank als Bestandteil eines Geographischen Informationssystems zur Bewertung von Bodenfunktionen.	86
Abb. 9: Schichtaufbau des Bodens.....	86
Abb. 10: Boden- und Nutzungsdaten im Rasterformat in ArcGIS.....	94
Abb. 11: Verschnitt (Überschneiden) von Boden- und Nutzungsdaten im Rasterformat in ArcGIS am Beispiel des Untersuchungsgebiets Tiefwerder Wiese.....	95
Abb. 12: Abfrage zur Bestimmung der Mächtigkeit des humosen Oberbodens am Beispiel der Bodentypen der Tiefwerder Wiese aus den bestimmten Datensätzen durch Abfragesprache SQL im GIS.....	97
Abb. 13: Feldwert-Berechnung der KAK_{eff} des Oberbodens am Beispiel der Bodentypen der Tiefwerder Wiese aus den Datensätzen durch Tabellen-Berechnung (Field Calculator).....	97
Abb. 14: Beispiel eines vereinfachten logischen Datenmodells im Microsoft Access für das Untersuchungsgebiet Tiefwerder Wiese (Spandau)	99
Abb. 16: Aufbau der Datenstruktur in der Bewertungsdatenbank MS Access	100
Abb. 17: Entwurfsansicht der Tabellenerstellungsabfrage zur Ermittlung der Bewertungswerte der Bodenteilfunktionen nach dem Berliner Verfahren	100
Abb. 18: Datenblattansicht der Tabellenerstellungsabfrage zur Ermittlung der Bewertungswerte der Bodenteilfunktionen nach dem Berliner Verfahren	100
Abb. 19: Darstellen von Bodeneigenschaften und Bodenbewertung in thematischen Karten.....	101
Abb. 20: Kartographische Darstellung der Bodenbewertung in einer thematischen Karte am Beispiel der Lebensraumfunktion für naturnahe und seltene Pflanzengesellschaften im Natur- und Landschaftspark Johannisthal (Kartenausschnitt)	102
Abb. 21: Fünfstufige Skala zur Bewertung der Bodenteilfunktionen, gleichzeitig Legende für die Bewertungskarten der Boden(teil)funktionen	103
Abb. 22: Symbology der Bewertungs-ergebnisse in ArcGIS 9.3 nach der fünf-stufigen Skala am Beispiel der Lebensraum-funktion für naturnahe und seltene Pflanzen-gesellschaften (LebNatBew) des Testgebiet Tempelhof	103
Abb. 23: Bildschirmdarstellung der Bodenfunktionsbewertung in ArcGIS 9.3 am Beispiel der Lebensraum-funktion für naturnahe und seltene Pflanzengesellschaften (LebNatBew) des Untersuchungsgebiets Tempelhof.....	104
Abb. 26: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methode MN 1.6 der Gruppe „Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Land-schaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempel- hof; TWW = Tiefwerder Wiese)	111

Abb. 29: Häufigkeitsverteilung der Bewertungs-wertstufen der Methode MN 1.7 der Gruppe „Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese).....	112
Abb. 32 : Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methoden BE 1.1 und HH 1.4 der Gruppe „Naturnähe“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)	116
Abb. 33: Bodenfunktionskarten der Gruppe „Potenzial zur Belastung mit Schadstoffen“ (Methode HH 1.3) für die Testgebiete „Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“	120
Abb. 34: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methode HH 1.3 der Gruppe „Potenzial zur Belastung mit Schadstoffen“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ), TH = Flughafen Tempelhof, TWW = Tiefwerder Wiese)	121
Abb. 35: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswert-stufen der Methode HH 1.3 der Gruppe „Potenzial zur Belastung mit Schadstoffen“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ), TH = Flughafen Tempelhof, TWW = Tief-werder Wiese)	121
Abb. 36: Prozentuale Anteile der Häufigkeitsverteilung der festgestellten Überschreitungen der Schadstoffgehalte gemäß der Prüfwerte und Maßnahmenwerte der BBodSchV je Bodentyp für die Methode MN 1.5 der Gruppe „Potenzial als Schadstoffbelastung“ im Testgebiet Tiefwerder Wiese	125
Abb. 37: Prozentuale Anteile der festgestellten Überschreitungen der Schadstoffgehalte gemäß der Vorsorgewerte der BBodSchV je Bodentyp für die Methode MN 1.5 der Gruppe „Potenzial zur Belastung mit Schadstoffen“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal, TH = Flughafen Tempelhof, TWW = Tiefwerder Wiese).....	126
Abb. 42: Häufigkeitsverteilung der Bewertungs-wertstufen der Methoden BE 2.1, HH 2.2 und MN 2.4 der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)....	131
Abb. 45: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methoden BE 1.2 und HH 2.3 der Gruppe „Regulator im Nährstoffkreislauf“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)....	137
Abb. 48: Häufigkeitsverteilung der Bewertungs-wertstufen der Methoden BE 3.1, HH 3.4 und MN 3.8 der Gruppe „Bindungsstärke des Bodens für Schwer-metalle“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese) Diskussion	143
Abb. 51: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methode HH 3.5 der Gruppe „Bindung von organischen Schadstoffen“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)	146
Abb. 54: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methode HH 3.6 der Gruppe „Abbau von organischen Schadstoffen“ in den drei Testgebieten; „Standorte mit anthropogenen Böden“, (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese).....	149
Abb. 55: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Abbau von organischen Substanzen“ (Methode HH 3.6) für „gehölzbestandene Biotope und Moore“ im „Testgebiet Tiefwerder Wiese“	150

Abb. 56: Verteilungsanteile der Bewertungs-wertstufen je Bodentyp für die Methode HH 3.6 der Gruppe „Abbau von organischen Substanzen“ im Testgebiet „Tiefwerder Wiese (TWW)“; „gehölzbestandene Biotope und Moore“	150
Abb. 57: Häufigkeitsverteilung der Bewertungs-wertstufen der Methode HH 3.6 der Gruppe „Abbau von organischen Schadstoffen“ im Testgebiet (TWW = Tiefwerder Wiese); „Standorte mit anthropogenen Böden“	151
Abb. 60: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methode HH 3.7 der Gruppe „Säureneutralisationsvermögen“ in den drei Testgebieten; „Standorte mit anthropogenen Böden“, (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese).....	154
Abb. 63: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methoden BE 3.2 der Gruppe „Speicher-potenzial für Nährstoffe“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)	157
Abb. 66: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methoden BE 3.3 und MN 2.5 der Gruppe „Schutzfunktion des Grundwassers“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)	161
Abb. 67: Allgemeines Ablaufschema für die aggregierte Gesamtbewertung	220
Abb. 68: Allgemeines Ablaufschema für die aggregierte Gesamtbewertung der natürlichen Leistungsfähigkeit von „Berliner Böden“ im Rahmen des Planungsprozesses (Bauleitplanung) unter der Berücksichtigung der Grundtypen Priorisierung einzelner Bodenfunktionen und Maximalwertprinzip (Quelle: eigene Darstellung).....	228
Abb. 7: Ablauf der Bodenfunktionsbewertung mittels GIS und digitaler Kartographie	275
Abb. 15: Systematische Relation zwischen Bodendaten zur Ableitung bodenkundlicher Parameter, welche die Attributdaten in dBase darstellen	276
Abb. 24: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Standort-potenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential“ (Methode MN 1.6) für die Testgebiete „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“	277
Abb. 25: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methode MN 1.6 der Gruppe „Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)“ in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ), Flughafen Tempelhof (TH) und Tiefwerder Wiese (TWW)“	278
Abb. 27: Bodenfunktionskarten der Gruppe „Standort-potenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)“ (Methode MN 1.7) für die Testgebiete „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“	279
Abb. 28: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methode MN 1.7 der Gruppe „Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)“ in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ), Flughafen Tempelhof (TH) und Tiefwerder Wiese (TWW)“	280
Abb. 30: Bodenfunktionskarten der Gruppe „Naturnähe“ (Methoden BE 1.1 und HH 1.4) für die Testgebiete „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“	281
Abb. 31: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die identischen Methoden BE 1.1 und HH 1.4 der Gruppe „Naturnähe“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal, TH = Flughafen Tempelhof, TWW = Tiefwerder Wiese)	282

Abb. 38: Bodenfunktionskarten der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“ (Methoden BE 2.1, HH 2.2 und MN 2.4) für die Testgebiete „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“	283
Abb. 39: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methoden BE 2.1, HH 2.2 und MN 2.4 der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“ im Testgebiet „Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ)“	284
Abb. 40: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methoden BE 2.1, HH 2.2 und MN 2.4 der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“ im Testgebiet „Flughafen Tempelhof (TH)“	285
Abb. 41: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methoden BE 2.1, HH 2.2 und MN 2.4 der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“ im Testgebiet „Tiefwerder Wiese (TWW)“	285
Abb. 43: Bodenfunktionskarten der Gruppe „Regulator im Nährstoffkreislauf“ (Methoden BE 1.2 Berlin und HH 2.3 Hamburg) für die Testflächen „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“	286
Abb. 44: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methoden BE 1.2 und HH 2.3 der Gruppe „Regulator im Nährstoffkreislauf“ für die Testflächen „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“	287
Abb. 46: Bodenfunktionskarten der Gruppe „Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle“ (Methoden BE 3.1 Berlin, HH 3.4 Hamburg und MN 3.8 München) für die Testflächen „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“ ..	288
Abb. 47: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methoden HH 3.4 und MN 3.8 der Gruppe „Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle“ in den Testflächen „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“	289
Abb. 49: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Bindung von organischen Schadstoffen“ (Methode HH 3.5) für die Testgebiete „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“	290
Abb. 50: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methode HH 3.5 der Gruppe „Bindung von organischen Schadstoffen“ in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ)“, Flughafen Tempelhof (TH) und Tiefwerder Wiese (TWW)“	291
Abb. 52: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Abbau von organischen Substanzen“ (Methode HH 3.6) für „Standorte mit anthropogenen Böden“ in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“	292
Abb. 53: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methode HH 3.6 der Gruppe „Abbau von organischen Schadstoffen“ in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ), Flughafen Tempelhof (TH) und Tiefwerder Wiese (TWW)“; „Standorte mit anthropogenen Böden“	293
Abb. 58: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Säure-neutralisationsvermögen“ (Methode HH 3.7) für „Standorte mit anthropogenen Böden“ in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“	294
Abb. 59: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methode HH 3.7 der Gruppe „Säureneutralisationsvermögen“ in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ), Flughafen Tempelhof (TH) und Tiefwerder Wiese (TWW)“; „Standorte mit anthropogenen Böden“	295

Abb. 61: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Speicherpotenzial für Nährstoffe“ (Methode BE 3.2) für die Testgebiet „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“	296
Abb. 62: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methoden BE 3.2 der Gruppe „Speicherpotenzial für Nährstoffe“ in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ), Flughafen Tempelhof (TH) und Tiefwerder Wiese (TWW)“.....	297
Abb. 64: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Schutzfunktion des Grundwassers“ (Methoden BE 3.3 und MN 2.5) für die Testflächen „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Testgebiet Tiefwerder Wiese“	298
Abb. 65: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methoden BE 3.3 und MN 2.5 der Gruppe „Schutzfunktion des Grundwassers“ in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ), Flughafen Tempelhof (TH) und Tiefwerder Wiese (TWW)“	299

Karten - Verzeichnis

Kt.1	Bodentypen im Untersuchungsgebiet „Natur- und Landschaftspark Johannisthal“	300
Kt.2	Bodennutzungstypen- und Biotoptypen im Untersuchungsgebiet „Natur- und Landschaftspark Johannisthal“	301
Kt.3	Bodentypen im Untersuchungsgebiet „Flughafen Tempelhof“	302
Kt.4	Bodennutzungstypen im Untersuchungsgebiet „Flughafen Tempelhof“	303
Kt.5	Bodentypen im Untersuchungsgebiet „Tiefwerder Wiese-Spandau“	304
Kt.6	Bodennutzungstypen im Untersuchungsgebiet „Tiefwerder Wiese-Spandau“	305

Symbol - und Abkürzungsverzeichnis

AAA	Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere zum Schutz des Grundwassers	BBn	(normal) Braunerde
AAA1	Boden als Filter und Puffer für Schwermetalle (Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen)	BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
AAA2	Filter- und Puffereigenschaften für organische Schadstoffe (Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen)	BBodSchV	Bundesbodenschutzverordnung
AAA3	Abbaumedium für stoffliche Einwirkungen (organische Schadstoffe)	BE	Berliner Bewertungsverfahren
AAA4	Puffervermögen für saure Einträge	BFK	Bodenfunktionskarte
AAA5	Schutz des Grundwassers (Boden als Abbaumedium auf Grund der Stoffumwandlungseigenschaften zum Schutz des Grundwassers)	BfN	Bundesamt für Naturschutz
Abt.	Abteilung	BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
AF	Archivfunktion	BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
AFI	Archivfunktion für die Naturgeschichte	BK 50	Bodenkarte im Maßstab 1:50.000
AG	Arbeitsgruppe	BLA-GEO	Bund-Länder-Ausschuss Bodenforschung
AK	Arbeitskreis	BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
Al	Aluminium	BNH	Bestandteil des Naturhaushalts insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen
Al ³⁺	Aluminiumionen	BNH1	Boden als Bestandteil des Wasserkreislaufs
ArcGIS 9.3	Geographisches Informationssystem Software Produkt Version 9.3	BNH2	Boden als Bestandteil des Nährstoffkreislaufs
As	Arsen	BodSchätzG	Bodenschätzungsgesetz
Aus.gestein	Ausgangsgestein	Bohrp.	Bohrpunkt
B.-art	Bodenart	BS	Basensättigung
B.-feuchte	Bodenfeuchte	bzw.	beziehungsweise
B.-skelett	Bodenskelett	Ca ²⁺	Calcium
B.-typ	Bodentyp	CaCl ₂	Calciumchlorid
Bab 100	Bundesautobahn 100	CaCO ₃ -G.	Karbonatgehalt
BauGB	Baugesetzbuch	Cd	Cadmium
BauNVO	Baunutzungsverordnung	cm	Zentimeter
BayGLA	Bayerisches Geologisches Landesamt	cmol _c /kg	austauschbare Kationenmenge (Zentimol Kationen) bezogen auf eine bestimmte Bodenmasse (Kilogramm/ Boden)
BB	Braunerde	Corg.	Gehalt an organischem Kohlenstoff
bBIS-UBA	Fachinformationssystem Bodenschutz des Umweltbundesamtes	Cr	Chrom
		Cu	Kupfer
		D.-Grad	Deckungsgrad
		d.h.	das heißt
		DB	Datenbank
		dbf	dBase-Format
		DBMS	Datenbankmanagementsystem
		DIN	deutsche Industrienorm
		DIN ISO	Internationale Organisation für Normung (engl. International Organization for Standardization)
		dm	Dezimeter
		DWD	Deutscher Wetterdienst

eff. Ld	effektive Lagerungsdichte	KAK	Kationenaustauschkapazität
eff.KAK	effektive Kationenaustauschkapazität	KAK _{eff.}	Effektive Kationenaustauschkapazität
elekt. LF	elektrische Leitfähigkeit	KAK _{pot.}	potentielle Kationenaustauschkapazität
etc.	et cetera	Kap.	Kapitel
EVAP	<u>E</u> rfassung, <u>V</u> erwaltung, <u>A</u> nalysen und <u>P</u> räsentation	kBew	keine Bewertung
ff	fortfolgend	kf-Wert	Maß für die gesättigte Wasserleitfähigkeit
FFH-Karte	Fauna- Flora-Habitat Karte	kGGn	(Normal)kolluvial geprägter Gley
FIS	Fachinformationssystem	km	Kilometer
FISBo	Fachinformationssystem Bodenkunde	km ²	Quadratkilometer
FISBo-BGR	Fachinformationssystem Bodenkunde der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	l/m ²	Liter pro Quadratmeter
FISe	Fachinformationssystem des Bundes	LABO	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
FK	Feldkapazität	LF	Fahlerde
fS	Feinsand	LfU	Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
fSms	mittelsandiger Feinsand	LIS	Landinformationssystem
g	Gramm	LK	Luftkapazität
G	Kies	LRF	Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen
g/cm ³	Gramm pro Kubikzentimeter	LRF1	Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen
Geo-Daten	Geometrie-Daten	LRF2	Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen
GG	Gley	Ls2	schwach sandiger Lehm
GGe	Gley aus Auen-Lehmsand	Ls3	mittel sandiger Lehm
GGn	(Normal)Gley	Ls4	stark sandiger Lehm
GGw	Wechselgley	Lt2	schwach toniger Lehm
GH	Moorgley	Lt3	mittel toniger Lehm
GHn	(Normal)Moorgley	Lts	sandig-toniger Lehm
GIS	Geographisches Informationssystem	Lu	schluffiger Lehm
GLA	Bayerisches Geologisches Landesamt	m	Meter
GM	Anmoorgley	M.-%	Masseprozent
GMn	(Normal)Anmoorgley	m ³	Kubikmeter
GN	Nassgley	mg/kg	Milligramm pro Kilogramm
GNn	(Normal)Nassgley	Mg ²⁺	Magnesium
GPS	Global Positioning System	mm	Millimeter
Gr	Grus	mm/a	Millimeter pro Jahr
gS	Grobsand	MN	Münchener Bewertungsverfahren
gWL	gesättigte Wasserleitfähigkeit	MS	Microsoft
ha	Hektar	mS	Mittelsand
Hg	Quecksilber	mSfs	feinsandiger Mittelsand
HH	Hamburger Bewertungsverfahren	mSgs	grobsandiger Mittelsand
i. d. R.	in der Regel	MsGW-	Flurabstand des mittleren scheinbaren Grundwasserstandes in dm unter Geländeoberfläche
ICP-OES	Emissionsspektrometrie mittels induktiv gekoppelten Plasmas	u.GOF	
ID	Identifikator	N	Stickstoff
K ⁺	Kalium	N.-art	Nutzungsart
KA	Bodenkundliche Kartieranleitung	Na ⁺	Natrium
KA5	Bodenkundliche Kartieranleitung 5. Auflage		

NE	Nordost	Subs.-art	Substratart
nFK	nutzbare Feldkapazität	SW	Südwest
nFK _{we}	nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraums	TK	topographische Karte
Ni	Nickel	Tl	lehmiger Ton
NIBIS	Niedersächsisches Bodeninformationssystem	Ts2	schwach sandiger Ton
NIS	Netzinformationssystem	Ts3	mittel sandiger Ton
NLfB	niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung	Ts4	stark sandiger Ton
NN	Nord	Tu2	schwach schluffiger Ton
NVA	nationale Volksarmee, die Armee der DDR	Tu3	mittel schluffiger Ton
o.-Sub.	organische Substanz	Tu4	stark schluffiger Ton
OL	Lockersyrosem	TUSEC-IP	Technique of Urban Soil Evaluation in City Regions-Implementation in Planning Procedures
OO	Syrosem	TW	Totwasser
P	Phosphor	tw.	teilweise
PAT	Polygon Attribute Table	u.	und
Pb	Blei	ü. NN	eine Höhe über Normalnull = Meeresspiegelniveau
pBB	podosolige Braunerde	u.a.	und andere
PCB	polychlorierte Biphenyle	uGOK	unter Geländeoberkante
pot.KAK	potenziale Kationenaustauschkapazität	UIS	Umweltinformationssystem
pT	Rohdichtetrocken	Uls	sandig-lehmiger Schluff
rgBB	reliktisch vergleyte Braunerde	Us	sandiger Schluff
rGG	reliktischer Gley	usw.	und so weiter
rGGn	(Normal) reliktischer Gley	Ut2	schwach toniger Schluff
RIS	Rauminformationssystem	Ut3	mittel toniger Schluff
RN	Ranker	Ut4	stark toniger Schluff
ROG	Raumordnungsgesetz	Uu	reiner Schluff
RQ	Regosol	UVP	Umweltverträglichkeitsprüfungen
RQn	(Normal)Regosol	UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfungen
RZ	Pararendzina	UVS	Umweltverträglichkeitsstudien
RZn	(Normal) Pararendzina	UVU	Umweltverträglichkeitsuntersuchungen
S- Wert	Menge der basischen austauschbaren Ionen (Kationen) (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})	VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchung und Forschungsanstalten
SI2	schwach lehmiger Sand	vgl.	vergleiche
SI3	mittel lehmiger Sand	Vol.-%	Volumenprozent
SI4	stark lehmiger Sand	We	Durchwurzelungsraum
Slu	schluffig-lehmiger Sand	WSV	Wasserspeichervermögen
SNK	Säureneutralisationskapazität	X	kantige Steine und Blöcke
SQL	Abfragesprache (Structured Query Language)	YK	Karbonathaltiger Kolluvisol
Ss	reiner Sand	z. T.	zum Teil
SS-LF	kiesige pseudogleye Fahlerde	Zn	Zink
St2	schwach toniger Sand		
St3	mittel toniger Sand		
Su2	schwach schluffiger Sand		
Su3	mittel schluffiger Sand		
Su4	stark schluffiger Sand		

Zusammenfassung

Böden erfüllen besonders in städtischen Ballungsräumen wie Berlin verschiedene Funktionen, sind jedoch ein nicht vermehrbare Gut. Bodenschutz hat die Ziele, den Flächenverbrauch zu minimieren, und noch vorhandene Funktionen zu sichern. Hierfür ist neben der Kenntnis der Bodenverhältnisse eine Bewertung der Böden hinsichtlich ihrer Funktionserfüllung notwendig. Vor diesem Hintergrund ist eine Neufassung eines großmaßstäbigen Bewertungssystems erforderlich, das die Wiederherstellung von Bodenfunktionen und die Aspekte des vorsorgenden Bodenschutzes in Planungs- Zulassungsverfahren verstärkt berücksichtigen muss.

Um ein überregional and allgemein anwendbares großmaßstäbiges Bewertungssystem von Bodenfunktionen für Stadtböden herzuleiten (oberstes Ziel dieser Arbeit), werden hier die Bewertungsmethoden von Verfahren in Berlin, Hamburg und München auf ausgewählten Testflächen in der Stadt Berlin praktisch angewendet und überprüft. Auf Basis der gewonnenen Ergebnisse wird ein allgemein anwendbares großmaßstäbiges Bewertungssystem entwickelt.

Die praktische Anwendung der 20 einzelnen Methoden der drei verglichenen Bewertungsverfahren zur Prüfung von Bodenfunktionen oder -teilmfunktionen erfolgt in drei ausgewählten Berliner Testgebieten: Landschaftspark Johannisthal (Südosten der Stadt Berlin), Flughafen Tempelhof (Mitte) und Tiefwerder Wiese (Nordwesten).

Die 20 angewendeten Methoden werden mit gleichem Bewertungskriterium 11 Gruppen zugeordnet. Um die Methoden zur Bewertung der einzelnen Bodenteilmfunktionen jeder Gruppe klar darzustellen, werden die Ergebnisse der großmaßstäbigen Bewertung für jede Gruppe in Form von Karten sowie von Häufigkeitsverteilungen dargestellt. Die großmaßstäbigen Bodenfunktionskarten als Ergebnisse zur Bewertung der Bodenteilmfunktionen werden anhand der Darstellung der Bewertungsergebnisse in der Maßstabebene 1:5.000 - 1:10.000 vorgelegt und miteinander verglichen. Der Vergleich der in den Karten dargestellten Ergebnisse wird unter folgenden Gesichtspunkten diskutiert und beurteilt:

- eindeutiger Rechtsbezug, Bodenschutz in Planungsverfahren auf Grundlage des BBodSchG
- Datengrundlagen, auf denen die jeweilige Bewertungsmethode aufbaut (Bodenkartierung und/oder Bodenschätzung)
- Möglichkeit der Erfassung oder Ableitung des Eingangsparameters und Umfang der Zuverlässigkeit
- Richtigkeit der Verwendung der Eingangsparameter zur Prüfung des zu bewerteten Kriteriums
- allgemeine Gültigkeit der Bewertungsmethode
- Möglichkeit der Darstellung von Bewertungsergebnissen in Kartenform im Zielmaßstab $\geq 1:10.000$
- Anwendbarkeit der Bewertungsmethode bei den Zielen des Bodenschutzes und bei Planungen
- Möglichkeit der Anpassung der Bewertungsmethode an neu gewonnene Erkenntnisse

Für die Herleitung eines allgemein anwendbaren Bodenbewertungssystems stehen drei Schwerpunkte im Mittelpunkt der Arbeit:

1. Die Anwendung der zunächst hergeleiteten und anschließend im GIS aufbereiteten Bewertungsverfahren auf die praktischen Beispiele im Berliner Raum.
2. Darstellung der Bewertungsergebnisse in Form von Karten und in Form von Häufigkeitsverteilungen und Diskussion dieser Ergebnisse: Hierbei werden insbesondere die untersuchten Bewertungsverfahren miteinander verglichen und die textlichen Darstellungen der Ergebnisse vorgelegt. Abschließend werden die in Form von thematischen Karten sowie von Häufigkeitsverteilungen vorliegenden Endergebnisse der GIS-gestützten großmaßstäbigen Bodenbewertung vorgestellt sowie der Anwendungsfall nach den oben genannten fachlichen Punkten diskutiert.
3. Die fachlichen Merkmale von untersuchten Bewertungsmethoden auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse und Bewertungsergebnisse werden hergeleitet und das Bewertungsverfahren für Stadtböden mit seinem Inhalt entwickelt.

Aus diesen Ergebnissen werden schließlich Schlussfolgerungen für den Einsatz im Bodenschutz und in der Planungspraxis für Großstädte abgeleitet, um dem Planungsträger Empfehlungen als „Entscheidungsgrundlage“, insbesondere für planerische Fragestellungen - ob ein Standort mit seinen Böden mehr oder weniger schützenswert ist - zu liefern.

Summary

Unlike naturally growing commodities soils serve a multitude of purposes - especially in urban agglomerations such as Berlin. Soil conservation, therefore, not only aims at minimizing land consumption but also preserving still existing services and functions in particular. Therefore, an assessment of soil services and functions is needed in addition to the knowledge of soil condition. It is against this background that a revision of a large scale soil evaluation system is required, which takes greater account of the restoration of soil functions and aspects of preventive soil conservation within planning and approval procedures.

In order to derive an over-regionally and commonly applicable large scale evaluation system for soil functioning in urban areas (main objective of this thesis), the valuation methods of different procedures in Berlin, Hamburg and Munich are practically applied to selected test sites in Berlin and their value is subsequently assessed. Based on these findings, a large-scale assessment system, which is generally applicable, is developed.

The practical application of the 20 subroutines of the three compared assessment systems to evaluate soil functions and soil sub-function takes place on three selected test sites in Berlin: the Johannisthal landscape park (in the southeast of Berlin), Tempelhof Airport (Center) and Tiefwerder Meadow (Northwest).

Based on common criteria the 20 applied evaluation techniques are assigned to 11 groups. The Results of each large scale assessment have been presented in form of maps and frequency distributions in order to clearly illustrate the methods used to assess the soil sub-functions of each group. The large scale maps of soil functions as a result for the assessment of soil sub functions are presented at scales ranging between 1:5.000 and 1:10.000 and are compared to each other. The comparison of the results presented in the maps is assessed and evaluated with regard to the following technical aspects:

- Unambiguous legal terms, Soil conservation in planning procedures based on the BBodSchG
- Data basis on which the respective evaluation is based (soil map and/or soil evaluation)
- Ability to capture or derive input parameters and scope of reliability
- Correct use of the input parameters for testing the criteria to be evaluated
- General validity of the evaluation methodology
- Possibility of presenting result as maps in preferred scale of $\geq 1:10,000$
- Applicability of the evaluation method within the objectives of soil conservation and planning
- Possibility of adjusting the evaluation method to newly acquired knowledge

In order to derive a universally applicable soil evaluation methodology three aspects represent focal points of the here presented thesis:

1. The application of the firstly derived and subsequently in a GIS environment processed evaluation methods to the three Berlin test sites.

2. The Presentation of the evaluation results in the form of maps and frequency distributions and the discussion of these results: in doing so specifically the assessed evaluation methods are compared to each other and the textual presentation of the results is given. Finally, the end results, in form of thematic maps and frequency distributions, are submitted to the GIS-based large scale soil evaluation system and their application is discussed in accordance with the above mentioned aspects.
3. The technical characteristics of the assessed evaluation methods are derived based on the knowledge gained from this study and the evaluation system for urban soils is developed in a content oriented manner.

Finally conclusions for the application in soil conservation and planning in big cities are derived based on the results. These serve the purpose of supporting cities and their development bodies as “planning recommendations”, especially for planning issues such as making a decision, if the soils found at one specific location are of a higher conservational value than the soils found at another location.

1 Einführung

Der Boden stellt eine wesentliche Lebensgrundlage der menschlichen, tierischen und pflanzlichen Existenz dar. So übernimmt der Boden als Naturkörper wichtige Funktionen, z.B. Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen, als Bestandteil im Naturhaushalt, als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen, als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie als Standort für die land- und forstwirtschaftliche Produktion. Darüber hinaus erfüllt er eine Reihe anderer wichtiger Funktionen, z.B. als Fläche für Siedlung und Erholung, Verkehr, Rohstoffquelle, Ver- und Entsorgung. Boden ist außerdem nur in endlichen Mengen vorhanden und in menschlichen Zeiträumen gemessen nicht erneuerbar und nicht vermehrbar. Aus diesem Grund stellt der Bodenschutz eine wesentliche gesellschaftliche Daseinsvorsorge dar. Über die zentrale Stellung des Bodens in ökologischen Systemen und als Lebensgrundlage besteht ein breiter fachlicher und mittlerweile auch gesellschaftlicher Konsens.

In der Bundesrepublik Deutschland werden ca. 11,5 % des Bundesgebiets als Siedlungs- und Verkehrsflächen genutzt. In Großstadtreionen und Ballungsräumen bestehen dabei Versiegelungsanteile von über 50 % (PREETZ, 2003). Bundesweit werden jeden Tag etwa 130 ha meist landwirtschaftlich genutzte Flächen in Siedlungs- oder Verkehrsflächen umgewandelt (HOCHFELD, 2002).

Das Ausmaß der Überbauung auf diesen Flächen führt zu einem deutlichen und unter vielen Aspekten irreversiblen Funktionsverlust. Dieser Funktionsverlust erfolgt aus der Sicht des Bodenschutzes durch die mit der Nutzungsänderung einhergehende Versiegelung, Verdichtung, Abtragung, Aufschüttung oder Durchmischung. Somit geht die Inanspruchnahme der Nutzungsfunktionen des Bodens immer zu Lasten der natürlichen Bodenfunktionen und der Archivfunktionen, so dass die über Jahrtausende gewachsenen Böden verloren gehen.

Seit der Verabschiedung der Bodenschutzkonzeption durch die Bundesregierung 1985 wird in der Bundesrepublik Deutschland angestrebt, Bodenschutz hohe Aufmerksamkeit zu widmen. Schließlich wird der Bodenschutz im Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) im Jahr 1998 gesetzlich fest verankert. Mit Inkrafttreten des BBodSchG ist neben den Umweltmedien sowie dem Naturschutz der Boden durch ein eigenes und spezielles Gesetz geschützt worden, so dass das Bundesbodenschutzgesetz in seiner Zweckbestimmung die nachhaltige Sicherung oder Wiederherstellung der Funktionen der Böden fordert. Zweck des BBodSchG ist es, *„nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu ... (ist) Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte soweit wie möglich vermieden werden.“* (§ 1 BBodSchG)

Dieses Ziel, nämlich die Bodenschutzziele des BBodSchG in den Abwägungsprozess innerhalb von Planungsverfahren praktisch umzusetzen, ist Aufgabe der Länder (§21 BBodSchG). Eigene Bodenschutzgesetze wurden in vielen Bundesländern der Bundesrepublik verabschiedet, z.B. wurde im

Baden-Württemberg im Jahr 1995 ein eigenes Bodenschutzgesetz und im Leitfaden zur Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit als Träger der Bodenfunktionen (Bewertung von Böden nach ihrer Schutzwürdigkeit) entwickelt und verabschiedet. Andere Bundesländer sind gefolgt und spätestens seit der Verabschiedung des BBodSchG 1998 sind nahezu alle Bundesländer mit der Entwicklung und Umsetzung von Bodenbewertungsverfahren beschäftigt (HOCHFELD, 2004). Dabei steht der Schutz und Erhalt der Funktionsfähigkeit der nur begrenzt verfügbaren Ressource Boden im Vordergrund. Die Leistungsfähigkeit des Bodens im Naturhaushalt wird durch die natürlichen Bodenfunktionen in Wert gesetzt (§ 2 Abs. 2 Nr. 1 BBodSchG). Zu den Bodenschutzzielen gehören auch der Schutz und Erhalt der Archivfunktionen der Böden im Hinblick auf natur- und kulturgeschichtlich bedeutsame pedogenetische Ausprägungen.

Um die Bodenfunktionen, insbesondere die natürlichen Bodenfunktionen und Archivfunktionen, angemessen in Planungs- und Zulassungsverfahren zur Geltung zu bringen, wurden in den letzten Jahren für unterschiedliche Maßstabebenen zahlreiche Bewertungsmethoden in Deutschland entwickelt, mit denen Böden hinsichtlich ihrer funktionalen Leistungsfähigkeit und der sich daraus abzuleitenden Schutzwürdigkeit bewertet werden können. Zur Zusammenfassung, Strukturierung und Auswahl dieser Bewertungsmethoden für Planungs- und Zulassungsverfahren hat die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) einen Vorschlag erarbeitet. Dieser Vorschlag ist kompatibel mit dem von der Ad-hoc-AG Boden des Bund-Länder-Ausschusses Bodenforschung (BLA-GEO) entwickelten und fortgeschriebenen Methodenkatalog zur Bewertung der Bodenfunktionen (FELDWISCH et al., 2006).

Das für Berlin geltende Verfahren wurde im Jahr 2005 von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin in Anlehnung an die Gutachten von LAHMEYER 2000 entwickelt (in: GERSTENBERG & SMETTAN, 2005), so dass die für Berlin flächendeckend bewertete Leistungsfähigkeit der Böden auf der Karte im mittleren Maßstab 1:50.000 zusammenfassend dargestellt wird. Diese Bewertung der Bodenleistungsfähigkeit, die auf fünf Bodenfunktionen basiert, berücksichtigt allerdings nicht die Beurteilung der Unterschiede in der funktionalen Leistungsfähigkeit in der Planungspraxis (GERSTENBERG et al., 2007). Deshalb werden in der vorliegenden Arbeit die Bewertungsmethoden auf der Basis von Boden- und Nutzungsdaten im Maßstab $\geq 1:10.000$ auf drei Gebiete im Berliner Raum angewandt und überprüft. Vor diesem Hintergrund ist die großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung erforderlich, um den Bodenschutz in Planungsverfahren zu stärken.

Da die Bewertung (Ermittlung und Herleitung) der Boden(teil)funktionen aufgrund der Bewertungsmethoden und der anfallenden Datenmengen, die in einheitlichem Maßstab vorliegen müssen, ebenso wie das Beziehungsgefüge selbst, durch Vielschichtigkeit und Kompliziertheit gekennzeichnet ist, stellt sich die Frage nach vereinheitlichten und automatisierten Werkzeugen oder Verfahren, die es ermöglichen, diese Komplexität handhabbar zu gestalten (GESCHWINDER, 1997).

Eine Möglichkeit hierzu ist der Einsatz Geographischer Informationssysteme, die sich zur Untersuchung komplexer Fragestellungen eignen. An dieser Stelle können die Geographischen Informationssysteme große Mengen von räumlich differenzierten Bodendaten miteinander in Beziehung bringen und grundlegende kartographische Funktionen zur Darstellung der Bewertungsergebnisse in den Untersuchungsgebieten zur Verfügung stellen. In diesem Sinne sind die

Geographischen Informationssysteme das Hauptwerkzeug für den datenverarbeitenden Teil der Arbeit. Dort können die Bewertungsergebnisse der Bodenfunktionen zum einen übersichtlich dargestellt und einfach verständlich präsentiert werden, zum anderen sind weiterführende räumliche Analysen (z.B. auch die Verschneidung mit weiteren verfügbaren Datengrundlagen) möglich, die schließlich einen Einsatz der Bodenbewertung in Instrumente des Bodenschutzes und der Raumplanung ermöglichen.

Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel der vorliegenden Arbeit, eine Neuentwicklung des Bewertungsverfahrens durch GIS- gestützte Analyse einzelner Boden(teil)funktionen (Erfüllungsgrad der Funktion) auf der Basis bodenkundlicher Kennwerte bzw. Eingangsparameter (verfügbare Datengrundlagen) vorzulegen, die eine Entscheidungshilfe für den Bodenschutz in Planungsverfahren darstellt.

2 Problemstellung und Zielsetzung

Die oberste Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist die Erstellung von Karten zur Bewertung der Bodenfunktionen mit dem Ziel, ein Verfahren für die großmaßstäbige Bewertung von metropolen Böden zum Zweck des Bodenschutzes mit Hilfe von Kartographie und GIS zu entwickeln.

Mit der Entwicklung moderner Techniken der Datenaufnahme von Bodenverhältnissen änderten sich auch die Anforderungen an die Bodenfunktionsbewertung. Die Methode der Bodenfunktionsbewertung ist entwickelt worden, um im Gebiet der Stadt Berlin im Rahmen raumbeanspruchender Planungen das Schutzgut „Boden“ angemessen berücksichtigen zu können, so dass eine großmaßstäbige, hochauflösende Bewertung möglich ist. Insbesondere wenn von den Planungen Flächen mit potentiell schutzwürdigen Böden betroffen sind, soll eine Bodenfunktionsbewertung auf Basis dieser Methode durchgeführt werden, die gleichzeitig ermöglicht, Anpassungen an Weiterentwicklungen vornehmen zu können.

Die vorliegende Arbeit umfasst den Vergleich und die Diskussion der Methoden der drei Bewertungsverfahren zur Bewertung der Bodenfunktionen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit für metropole Böden (Berliner Verfahren 2005, Hamburger Verfahren 2003 und bayerisches Verfahren 2007). In diesem Zusammenhang zielen sie durch die Erstellung von Bodenfunktionskarten im Großmaßstab für die ausgewählten Anwendungsbeispiele, also für Testgebiete in Berlin, auf GIS- und kartographisch-gestützte Herleitung eines überregionalen und allgemein anwendbaren Bodenfunktionsbewertungssystems mittels Teilfunktionen für Großstädte und Möglichkeiten der Anwendung dieses Bewertungsverfahrens im Bodenschutz im Rahmen der räumlichen Planung (z. B. Bauleitplanung). Die entsprechenden Maßstäbe liegen von 1: 5.000 bis 1:10.000.

Der erste Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit ist es demnach, die Anwendung der vorliegenden Bewertungsmethoden zur großmaßstäbigen Bewertung von Bodenfunktionen in den drei ausgewählten Untersuchungsgebieten als Testflächen in suburbanen Böden von Berlin (Metropole Böden) zu visualisieren und dies in großmaßstäbigen Bodenfunktionskarten darzustellen.

Die Basis zur Erstellung der digitalen Bodenfunktionskarten für die Untersuchungsgebiete bilden rasterbasierte Bodenparameter. Anhand der Bodenkartierung, ergänzender Laboranalysen und der Datenschätzung (z.B. Kartenauswertung) wurden die Bodendaten identifiziert und anschließend parametrisiert, so dass im Rahmen der Erstellung von Bodenfunktionskarten für die Untersuchungsgebiete über 20 komplexe kombinierte Bodenparameter berechnet und abgeleitet wurden. In diesem Zusammenhang ist hier die bodenkundliche Kartieranleitung, kurz als KA (z.B. Ad-hoc-AG Boden 2005 „KA5“) als technische Regel für Untersuchungs-, Bewertungs- und Maßnahmenkonzepte zu betrachten. Die praktische Anwendung der Methoden der drei Bewertungsverfahren, die in Kap. 4 aufgenommen wurden, basiert somit auf „bodenkundlichen Eigenschaften“, die in detaillierten, großmaßstäbigen Bodenfunktionskarten dargestellt sind. Dabei lehnen sich die Bewertung der Bodenteilfunktionen und Erstellung solcher großmaßstäbigen Bodenfunktionskarten vor allem an die

bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) an, in der die Verfahren der bodenkundlichen Datenerhebung, wie z.B. Profilbeschreibung detailliert dargestellt sind.

Der zweite Schwerpunkt der Arbeit ist die Entwicklung neuer Methoden zur großmaßstäbigen Bodenfunktionsbewertung durch die Fachdiskussion und den Vergleich der praktischen Anwendung des „Berliner Verfahren“ neben denen von Hamburg und München und die Auswertung der vorliegenden Bodenfunktionskarten. Der Maßstabsbezug solcher großmaßstäbigen Bodenfunktionsbewertung bewegt sich im Rahmen 1: 5.000 - 1: 10.000, wobei in einem Stadtstaat wie Berlin mit hoher Nutzungskonkurrenz selbst bei vorliegenden Flächennutzungsplänen (z. B. im Rahmen der Bauleitplanung) zu rechnen ist. Das bedeutet, dass hohe Anforderungen an eine flächengenaue Bewertung bestehen. Diesem Schwerpunkt kommt in der vorliegenden Arbeit eine besondere Bedeutung zu.

Die Erstellung von großmaßstäbigen Bodenfunktionskarten und die Entwicklung eines Bewertungsverfahrens zur Bodenfunktionsanalyse umfassen die natürlichen Bodenfunktionen (Ökologische Funktionsbewertung) sowie die Funktion als Archiv der Naturgeschichte (Archivfunktionsbewertung) in Testgebieten von Berlin.

Dabei sind die folgenden Bodenfunktionen nach BBodSchG (1998) in dieser Arbeit bewertet (§ 2 Abs. 1 und 2 BBodSchG, 1998):

1. „natürliche Funktionen als

- a) Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,*
- b) Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,*
- c) Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers,*

2. Funktionen als Archiv der Naturgeschichte“.

Es soll dabei jede Bodenfunktion bewertet und in großmaßstäbigen Bodenfunktionskarten in einem einheitlichen Maßstab dargestellt werden, so dass zunächst für jede betrachtete Bodenfunktion das Bewertungsverfahren unter Einschluss der Bewertungskriterien und der berücksichtigten Parameter genannt wird. Die Arbeit beschreibt in diesem Zusammenhang die praktische Vorgehensweise bei der Durchführung einer großmaßstäbigen Bodenbewertung. Hier werden auch Hinweise zur Bestimmung der in das Verfahren einfließenden Parameter gegeben.

Der dritte Schwerpunkt der Arbeit steht in Zusammenhang mit der Anwendung entwickelter Methoden der Bodenfunktionsbewertung für die Umsetzung von Bodenschutzzielen. Demzufolge steht die großmaßstäbige Bodenbewertung zum Zweck eines zielorientierten Bodenschutzes den Anforderungen der Planungspraxis, die vorrangig mit mittleren Maßstäben arbeitet, als effizient einsetzbare Methode zur Verfügung.

Die Anwendungsbeispiele in den Testgebieten von Berlin dienen dabei nicht der reinen Demonstration von GIS-Funktionalitäten, es soll vielmehr die Anwendung des entwickelten

Verfahrens am konkreten System darstellen und so helfen, den Nutzen des Einsatzes Geographischer Informationssysteme an den praktischen Erfordernissen des Bodenschutzes und der Raumplanung für große Maßstabsebenen nachzuweisen. Als Ergebnis des Bodenbewertungsverfahrens ergeben sich Eignungsbewertungen, die die schutzwürdigen Böden im zu untersuchenden Landschaftsraum mit standortspezifischen Wertigkeiten beschreiben, so dass insbesondere schutzwürdige Bereiche in den Großstädten lokalisiert werden können.

Nicht zuletzt bietet diese Arbeit die Möglichkeit, die Bodenfunktionen in typischen Beispielgebieten („Testgebieten“) zu bewerten und die Ergebnisse auf andere vergleichbare Gebiete zu übertragen oder eine flächendeckende Bearbeitung zur Bewertung von Bodenfunktionen zu ermöglichen.

3 Forschungsstand

3.1 Grundsätzliches zum Verständnis von Bodenbewertung und Bodenschutz

3.1.1 Begriffsbestimmungen

Boden und Bodenbelange sind weit weniger im Bewusstsein der Öffentlichkeit sowie der Entscheidungsträger und Planungsverantwortlichen verankert als andere Schutzgüter, dadurch werden bundesweit bislang zum Teil voneinander abweichende Formulierungen und Definitionen zum Begriff „Bodenteilfunktionen“ verwendet. Zudem ist die Materie sehr komplex, da der Boden ein durch Überlagerung der Geosphären konstituierter Naturkörper ist und an einer Schlüsselstelle im Öko- und Umweltsystem steht. Dabei werden auch Teilfunktionen des Bodens den Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 BBodSchG unterschiedlich zugeordnet. Auch die Begriffe „Kriterium“ und „Parameter“ werden nicht einheitlich verwendet. Dies alles bedingt einen oft unscharfen Umgang mit den Fachbegriffen, die den Boden betreffen (GEITNER et al. 2007, LAMBRECHT et al., 2003).

Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden bodenkundliche Begriffe für eine begriffliche Vereinheitlichung als Verständnisgrundlage definiert, erläutert und gegebenenfalls im Kontext der Bodenbewertung im Bodenschutz und in Planungsprozessen diskutiert.

- Bodendefinition

„Boden“ ist der Teil der obersten Erdkruste, der belebt ist. Er ist nach unten durch festes oder lockeres Gestein und nach oben durch eine Vegetationsdecke bzw. die Atmosphäre begrenzt. **Böden** bestehen aus Mineralien unterschiedlicher Art und Größe (aus Bruchstücken des Ausgangsgesteins und aus Tonmineralien, die durch Umwandlung der Mineralien des Ausgangsgesteins neu gebildet wurden), sowie mehr oder minder zersetzten organischen Stoffen, dem so genannten Humus (organischem Material, das von den Pflanzen und den im Boden lebenden tierischen und pflanzlichen Organismen stammt) (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 2002, PRESS & SIEVER, 2007).

“Boden ist das mit Wasser, Luft und Lebewesen durchsetzte, unter dem Einfluss der Umweltfaktoren an der Erdoberfläche entstandene und im Ablauf der Zeit sich weiterentwickelnde Umwandlungsprodukt mineralischer und organischer Substanzen mit eigener morphologischer Organisation, das in der Lage ist, höheren Pflanzen als Standort zu dienen und die Lebensgrundlage für Tiere und Menschen bildet. Als Raum-Zeit-Struktur ist der Boden ein vierdimensionales System“ (GEITNER et al. 2007: 17).

Es gibt eine Vielzahl leicht voneinander abweichender „Bodendefinitionen“. Die hier vorgelegte ist sehr kompakt und doch umfassend. Im Sinne des Bodenschutzes und seiner Vermittlung sind vor allem drei Aspekte, die darin genannt sind, hervorzuheben:

- 1) Bodenwasser, Bodenluft und die Bodenorganismen gehören als Schutzgüter mit bereits längerer Tradition untrennbar zum Boden, was häufig in der Argumentation vernachlässigt wird.
- 2) Jeder Boden ist das Ergebnis einer mitunter langen Entstehungszeit. Diese 'historische' Dimension ist ein Wert an sich. Mit dieser Tatsache hängt auch zusammen, dass jeder natürliche Boden trotz typologischer Ähnlichkeiten einzigartig ist, dass er in jedem Fall ein Archiv für die Naturgeschichte darstellt und dass er als über Jahrtausende gewachsener Boden nicht wieder herstellbar ist.

3) Als Standort für Pflanzen ist der Boden zugleich die umfassende Lebensgrundlage der menschlichen Gesellschaft (GEITNER et al. 2007).

- Boden und Zeit

Die „Eigenschaften“ der Böden werden natürlicherweise durch verschiedene bodenbildende Prozesse oder Faktoren bestimmt. Hierzu zählen z.B. die Gesteinsverwitterung, Mineralneubildung oder -umbildung, Gefügebildung, Humusbildung und die Stoffverlagerung innerhalb eines Bodens. Böden entstehen auch unter dem Einfluss des Menschen, der diese Eigenschaften direkt oder indirekt (über die Verschiebung der natürlichen Prozesse) verändert. All diese Faktoren wirken im „Laufe der Zeit“, was bedeutet, dass sich der Boden und seine Eigenschaften mit der Zeit verändern. Das ist der Grund, warum man beim Boden von „Bodenentwicklung“ bzw. „Bodenentwicklungsreihen“ spricht, von „alten“, „reifen“ oder „gewachsenen“ Böden. Dieser zeitliche Faktor ist ein wesentlicher Grund für die große Variabilität der Böden. Denn durch Störungen der Bodenbildung durch natürliche oder anthropogen bedingte Prozesse kann die „Uhr der Bodenentwicklung“ immer wieder auf Null gestellt werden. Das ist häufig auch bei Stadtböden der Fall, wenn bestehende Böden abgetragen werden, und die Bodenbildung von neuem beginnt. Auch durch aufgeschüttetes „technogenes Substrat“ wird neue Bodenbildung eingeleitet bzw. werden durch Beimischung teilweise neue Bodenbildungsprozesse initiiert.

Da die unterschiedlichen bodenbildenden Faktoren ihre Spuren im Boden hinterlassen, stellt jeder Boden ein „Archiv“ für ihre Rekonstruktion dar. Damit wird der Faktor Zeit zum Tor in die Vergangenheit, z.B. im Hinblick auf Ereignisse und Prozesse der Natur- oder Kulturgeschichte (GEITNER et al. 2007).

- Bodensystematik anthropogener Böden

Böden in Ballungsräumen werden vor allem in ihrer Flächenfunktion beansprucht und unterliegen zudem durch den steten Nutzungswandel vielfachen Veränderungen. Die Vielfalt der Böden fordert eine Systematik. Jede Bodensystematik ist künstlich und muss daher Grenzen definieren, die mehr oder weniger willkürlich sind. Entsprechend gibt es heute zahlreiche Ansätze zur Bodensystematik. Der Grundsatz der Systematik von Böden in urbanen Verdichtungsräumen ist in der bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN, 2005) festgelegt. Sie stellt die Basis für Bodenerhebungen dar. Die wichtigste Einheit des Systems ist der Bodentyp, den jeweils eine bestimmte Horizontkombination kennzeichnet (z.B. bilden die Bodentypen Ranker, Rendzina, Regosol und Pararendzina sowie die jeweiligen Subtypen die Klasse der Ah/C-Böden (ohne Steppenböden). Er kann in Varietäten weiter unterteilt werden. Als Bodenformen werden Verknüpfungen von boden- und substratsystematischen Einheiten bezeichnet (z.B. Gley aus Anthrosand über quartärem fluvialem Sand aus Terrassensedimenten). Bodenformen eignen sich gut für eine kurze, umfassende Kennzeichnung der Böden, da jeder Bodenkundler damit gewisse Eigenschaften assoziieren kann (GEITNER et al. 2007).

- Bodenfunktionen und Bodenteilfunktionen

Böden erfüllen eine Vielzahl von Funktionen für den Naturhaushalt, für Tier- und Pflanzenproduktion und für die menschliche Gesellschaft (für vielfältige zivilisatorische Zwecke). In einem hochindustrialisierten und dicht besiedelten Land wie der Bundesrepublik Deutschland werden dabei

vielfältige Nutzungsansprüche an die Böden gestellt. Da die Ressource Boden begrenzt ist, erfordert ein ressourcenschonender Umgang mit dem Boden, dass vor einer Entscheidung für eine bestimmte Nutzung eine Bewertung erfolgt, inwieweit der Boden für diese Nutzung geeignet ist. Eine optimale Ressourcenausnutzung würde zusätzlich bedingen, dass auch bewertet würde, ob der Boden eventuell für eine andere Nutzung wesentlich besser geeignet wäre. Gleichzeitig sind Böden leicht zerstörbar und nicht vermehrbar. Im Widerstreit der Nutzungen muss die begrenzte Ressource Boden daher so eingesetzt werden, dass sie ihre Funktionen optimal erfüllen kann.

Der Gesetzgeber hat die Bedeutung der Böden erkannt und formuliert als Zweck des BBodSchG 1998 die nachhaltige Sicherung und Wiederherstellung der Bodenfunktionen. Grundgedanken des Bodenschutzes sind die Abstimmung von Nutzungsansprüchen und Bodenfunktionen. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte so weit wie möglich vermieden werden. Der Schutz gilt dem Boden in seiner definierten Funktionalität. Dieser „funktionelle Bodenschutz“ (Funktionsschutz) erfolgt zum Erhalt von Funktionen, die der Boden für den Menschen, seine Gesundheit sowie für die Wissenschaft und Gesellschaft erfüllt.

Paragraph 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes definiert drei für den Bodenschutz wesentliche „Funktionskategorien“ (Grundfunktionen), die sich aus einzelnen, getrennt beschreibbaren Teilfunktionen zusammensetzen:

- natürliche („ökologische“) Funktionen
 - Lebensraumfunktion
 - Regler- und Speicherfunktion
 - Puffer- und Filterfunktion
- („sozio-kulturelle“) Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte
- („sozio-ökonomische“) Nutzungsfunktionen

Die im Gesetz einzeln aufgeführten Bodenfunktionen, oft als **Hauptfunktionen** bezeichnet, überschneiden sich inhaltlich und sind so allgemein und weit gefasst, dass die diesbezügliche Bewertung der Leistungsfähigkeit von Böden nur dann möglich ist, wenn die Funktionen weiter differenziert bzw. eingegrenzt werden. Daher werden neben den so genannten Hauptfunktionen **Teilfunktionen** und **Kriterien** unterschieden. Die Stellung dieser Begriffe mag das folgende Beispiel verdeutlichen:

Die Hauptfunktion „Lebensraumfunktion“ kann u. a. durch die Teilfunktion *“Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen“* spezifiziert und mit Hilfe des Kriteriums *“Überschreitung von Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmewerten der BBodSchV“* bewertet werden. Für die Bewertung mit Hilfe des Kriteriums wird ein einzelner oder die Kombination mehrerer Bodenparameter herangezogen. In diesem Fall sind es die Gehalte bestimmter Schadstoffe im Boden. Als Parameter gelten Maßzahlen für die Ausprägung bestimmter Merkmale oder Eigenschaften des Bodens (GEITNER et al. 2007).

Nach § 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) lassen sich die in Tab. 1 aufgeführten Boden- und Bodenteilfunktionen unterscheiden¹.

Tab. 1: Boden- und Bodenteilfunktionen und ihre Bewertungskriterien
(Quelle: BBodSchG 1998, KA5 der Ad-hoc-AG Boden 2005)

Bodenfunktionen gemäß § 2 Abs. 2 Nr. 1 u. 2 BBodSchG	Bodenfunktionen (Kurzfassung)	Boden(teil)funktion	Kriterium
1- Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen	Lebensraum-funktion	Lebensgrundlage für Menschen	Überschreitung Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerten der BBodSchV
		Lebensraum für Tiere	Nicht durch eigenständiges Kriterium operationalisiert
		Lebensraum für Pflanzen und Bodenorganismen	Naturnähe
		Lebensraum für Pflanzen	Standortpotential für natürliche Pflanzengesellschaften
		Lebensraum für Bodenorganismen	Natürliche Bodenfruchtbarkeit
2- Bestandteil des Naturhaushaltes, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen	Regler- und Speicherfunktion	Funktion des Bodens im Wasserkreislauf	Standorteignung für Bodenorganismen-Gemeinschaften
			Abflussregulierung
			Beitrag des Bodens zur Grundwasserneubildung (Sickerwasserrate)
3- Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen aufgrund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers	Puffer- und Filterfunktion	Funktion des Bodens im Nährstoffhaushalt	Allgemeine Wasserhaushaltsverhältnisse
		Filter und Puffer für anorganische sorbierbare Schadstoffe	Nährstoffpotential und Nährstoffverfügbarkeit
		Filter, Puffer und Stoffumwandler für organische Schadstoffe	Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle
		Puffervermögen des Bodens für saure Einträge	Bindung und Abbau von organischen Schadstoffen
		Filter für nicht sorbierbare Stoffe	Säureneutralisationsvermögen
4- Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	Archivfunktion	Archiv der Naturgeschichte	Retention des Bodenwassers
		Archiv der Kulturgeschichte	Sickerwasserverweilzeit, Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung
4- Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	Archivfunktion	Archiv der Naturgeschichte	Naturgeschichtlich bedeutsame Pedogenese
		Archiv der Kulturgeschichte	Kulturgeschichtlich bedeutsame Pedogenese

Die Bewertungen der natürlichen Bodenfunktionen und der Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte stellen den Mittelpunkt der Betrachtungen dar, da sie besonders schutzbedürftig sind. Durch die engen Interaktionen zwischen den einzelnen Bodenfunktionen und auch den Schutzgütern (z.B. Boden, Wasser, Luft, Klima) sind Doppelbetrachtungen nicht in jedem Falle zu vermeiden. Durch die jeweiligen Zielstellungen bei der Betrachtung wird versucht, Doppelbewertungen zu umgehen. Deshalb sind exakte „Definitionen“ und „Kenntnisse der Ziele der Bewertung“ sehr wichtig.

- Kriterium

¹ Hierbei wird von den mit § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 BBodSchG normierten Begriffen der "natürlichen Funktionen" und der "Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte" des Bodens ausgegangen. Die im § 2 Abs. 2 Nr. 3 BBodSchG enthaltenen "Nutzungsfunktionen" des Bodens werden entsprechend der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt.

Die Bewertung von Bodenfunktionen bzw. Teilfunktionen benötigt eine integrale Eigenschaft des Bodens, die als „Kriterium“ bezeichnet wird, um den Erfüllungsgrad einer Bodenfunktion bzw. Bodenteilfunktion prüfen zu können. Um beim Beispiel Pufferung von Schwermetallen zu bleiben, wäre dies z.B. das Stoffrückhaltevermögen des Bodens. Das Kriterium wird durch einen oder mehrere Parameter beschrieben.

Die den Wasserhaushalt betreffenden Eigenschaften gehören zu den Regelungsfunktionen. Die im weitesten Sinne stofflichen Eigenschaften fallen unter die Puffer und Filterfunktion (Tab. 2). Die einzelnen Teilfunktionen lassen sich durch Kriterien und Methoden verschiedener Quellen beschreiben und bewerten (AD-HOC-AG BODEN, 2007). Zur Anwendung dieser Kriterien und Methoden sind Kennwerte bzw. Parameter erforderlich (Tab. 2) (MÖLLER & HELBIG, 2005).

Tab. 2: Kriterien zur Beschreibung und Bewertung der Teilfunktionen wie Lebensraumfunktionen Wasserhaushalt sowie Puffer- und Filterfunktionen
(Quelle: MÖLLER & HELBIG, 2005, modifiziert).

Kriterium/Methode	Kennwert/Parameter
Lebensraumfunktion	
<ul style="list-style-type: none"> - Naturnähe - Standortpotenzial für Pflanzengesellschaften - Natürliche Bodenfruchtbarkeit - Lebensraum für Bodenorganismen 	<ul style="list-style-type: none"> - Bodentyp/Standorttyp - Nutzungsform - Verdichtung - Schadstoffsituation - Regionale Seltenheit der Bodengesellschaft - Nutzbare Feldkapazität (nFK) - Effektive Kationenaustauschkapazität ($KAK_{eff.}$) - Naturnähe - Kationenaustauschkapazität (KAK) - Flurabstand - S-Wert - pH- Wert - Bodenkundliche Feuchtstufe - Humusgehalt
Regler- und Speicherfunktion (Wasserhaushalt)	
<ul style="list-style-type: none"> - Sickerwasserrate - Grundwasserneubildung - Abflussverzögerung - Wasserspeichervermögen - Wasseraufnahmekapazität - Infiltrationsvermögen 	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenart - Humusgehalt - Lagerungsdichte - Feldkapazität (FK) - Nutzbare Feldkapazität (nFK) - Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) - Bodentyp
Puffer- und Filterfunktion	
<ul style="list-style-type: none"> - Filtereigenschaften - Nitrat - Schwermetalle - Organika 	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenart - Humusgehalt - Kalkgehalt - pH-Wert - Lagerungsdichte - Feldkapazität (FK) - Nutzbare Feldkapazität (nFK) - Kationenaustauschkapazität (KAK) - Pufferfähigkeit

3.1.1.1 Bodenbezogene Parameter

Der Boden ist allgemein aus mehreren Bodenhorizonten zusammengesetzt. Zur Bewertung der Bodenfunktion an einem Standort werden daher sowohl Informationen über den Boden, als auch über die einzelnen Bodenhorizonte benötigt. Diese erhält man am günstigsten durch ein Bodenprofil. Die umfassenden Informationen der einzelnen Horizonte werden als Bodenmerkmale bzw. Bodeneigenschaften bezeichnet, aus denen die Bodenkennwerte bzw. Bodenkenndaten (Bodenparameter) direkt abgeleitet werden, wie z.B. Farbe, Humusgehalt, Korngrößenzusammensetzung, Lagerungsdichte usw. Diese Aufnahme erfolgt weitgehend mit einfachen Hilfsmitteln als Schätzverfahren im Gelände und

bietet in der Regel eine ausreichende Genauigkeit für eine erste Kennzeichnung der Bodeneigenschaften. Solche Merkmale werden als „einfache“ Parameter bezeichnet. Merkmale wie Kalkgehalt und pH-Wert müssen gemessen werden, was auch im Gelände mit Hilfe chemischer Reagenzien meist hinreichend genau geschehen kann. Exaktere Messungen dieser Parameter bzw. andere physikalische und chemische Analysen, die nur mit größerem Aufwand durchgeführt werden können, bleiben der Laborarbeit vorbehalten.

Zu diesen im Labor messbaren Bodenmerkmalen gehören z.B. die Ionenaustauschkapazität (chemisch) oder der kf-Wert (physikalisch), die über die Nährstoffspeicherung bzw. die Wasserdurchlässigkeit des Bodens Auskunft geben. Ihre Ausprägung wird von vielen anderen Bodenmerkmalen bestimmt und lässt sich daher auch nach bestimmten Regeln zumindest größenordnungsmäßig aus ihnen ableiten (z.B. kf-Wert aus Korngröße, Humusgehalt und Lagerungsdichte). Solche Merkmale werden daher manchmal auch als „komplexe“ oder „abgeleitete“ Merkmale bezeichnet (GEITNER et al. 2007). Für die Ableitung „komplexer“ bodenkundlicher Parameter sind wenige, sich wiederholende „Basisparameter“ notwendig (Tab. 3) (MÖLLER & HELBIG, 2005).

Tab. 3: Basisparameter zur Ableitung von Kennwerten

(Quelle: Möller & Helbig, 2005)

Basisparameter	Parameter/Kennwert
- Bodenart - Humusgehalt - Lagerungsdichte	- Feldkapazität (FK) - Nutzbare Feldkapazität (nFK)
- Bodenart - Lagerungsdichte	- Wasserleitfähigkeit
- Bodenart - Messwert - Humusgehalt - pH-Wert	- Kationenaustauschkapazität (KAK) - Effektive Kationenaustauschkapazität ($KAK_{eff.}$) - Potenzielle Kationenaustauschkapazität ($KAK_{pot.}$)
- Messwert - pH-Wert	- Basenversorgung - Pufferfähigkeit

Die Tab. 4 stellt ein Beispiel für die Verknüpfung von einfachen, aufgenommenen zu komplexen, abgeleiteten Bodenparametern zur Kennzeichnung der Kriterien dar, die für die Bodenfunktion „Lebensraumfunktion für naturnahe und seltene Pflanzengesellschaften“ in der Gruppe „Naturnähe“ relevant sind.

Tab. 4: Beispiel für die Verknüpfung von einfachen, aufgenommenen zu komplexen, abgeleiteten Bodenparametern zur Kennzeichnung der Kriterien für die Funktionserfüllung „Lebensraumfunktion für naturnahe und seltene Pflanzengesellschaften“

(Quelle: eigene Aufstellung)

(Quelle: eigene Darstellung)		
Einfacher Parameter (Bodenaufnahme)	Komplexer Parameter (abgeleitet)	Kriterium für die Funktionserfüllung
Bodenart Humusgehalt Lagerungsdichte	nFK	Standortpotenzial für natürliche Pflanzengesellschaften <i>(Das Standortpotenzial des Bodens, das die Ansiedlung und Ausbildung natürlicher (und evtl. seltener) Pflanzengesellschaften ermöglicht)</i>
Bodenart Humusgehalt Mächtigkeit der Humusschicht pH-Wert	KAK _{eff.}	
Bodenfeuchte		
Durchwurzelungstiefe		
Ergänzende anthropogene Einflüsse und Naturrauminformationen		
Nutzung, Naturnähe, Seltenheit, Hemerobiestufe		

Im Folgenden werden die vier eingangs genannten Bodenfunktionen (Lebensraum-, Regler-/Speicher-, Puffer-/Filter- und Archivfunktion) beschrieben:

3.1.1.2 Inhaltliche Definitionen der Bodenfunktionen

- Lebensraumfunktion (für Bodenorganismen, Tiere und Pflanzen)

In terrestrischen Ökosystemen bildet der Boden zusammen mit Wasser, Luft, Nährstoffen und Sonnenlicht Lebensraum und Lebensgrundlage für eine Vielzahl von Mikroorganismen, Pilzen, Pflanzen, Tieren und den Menschen. Er ist darüber hinaus Ausgangs- und Endpunkt der meisten wirtschaftlichen Aktivitäten des Menschen. Böden dienen den Pflanzen als Wurzelraum und als Lieferant von Wasser, Sauerstoff und Nährstoffen. Böden sind somit die Grundlage des Pflanzenwachstums in terrestrischen Ökosystemen und somit zugleich für all jene Lebewesen, die sich direkt oder indirekt von diesen Pflanzen ernähren. Als Lebensraum bzw. Standort von Pflanzen ist somit der Boden ein wichtiger Bestandteil aller Biozöosen, an Standorten mit seltenen Pflanzen und Tieren als eine Voraussetzung für den Biotop- und Artenschutz. Die Bodenorganismen (Edaphon) sind auf den Boden als Lebensraum angewiesen und stellen an ihn bestimmte Anforderungen (Porensystem, Wassergehalt). Zusätzlich sind die Bodenorganismen verantwortlich für den Aufbau, Umbau und Abbau von organischen Stoffen im Boden und beeinflussen somit die Stabilität von Ökosystemen. Eine weitere wichtige Aufgabe erfüllen sie durch den Abbau toxischer Stoffe im Boden. Der Boden ist somit die Lebensgrundlage des Menschen, ebenso wie sein Lebensraum, das „Territorium“, das er bewohnt, das er in Anspruch nimmt und für das er auch die Verantwortung trägt.

Der Boden ist deshalb unverzichtbare natürliche Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen und in dieser Funktion zu schützen.

- Regler- und Speicherfunktion

In den Böden als Teil eines komplexen Ökosystems laufen verschiedene Stoffkreisläufe des Naturhaushaltes ab. Hierzu gehören z.B. Wasser- und Nährstoffkreisläufe. Der Boden ist ein wichtiger Teil der globalen Kohlenstoff- und Stickstoffkreisläufe, womit die Böden auch eng mit dem Klimasystem verzahnt sind. Die Böden übernehmen in diesen Stoffkreisläufen eine zentrale Regelungsfunktion. Zu dieser Regelungsfunktion gehören die Akkumulation von Energie und Stoffen sowie deren Transformation und Transport: das Ausgleichsvermögen für Temperaturschwankungen, das Puffervermögen für Säuren, die Ausfilterung von Stoffen aus dem Niederschlags-, Sicker- und Grundwasser, das Speichervermögen für Wasser, Nähr- und Schadstoffe, das Recycling von Nährstoffen, die Detoxifikation von Schadstoffen, die Abtötung von Krankheitserregern etc.

Als Speichermedium übernimmt der Boden im Wasserkreislauf eine äußerst wichtige Funktion. Aber auch bei der Bereitstellung von Nährstoffen für das Pflanzenwachstum ist der Boden unverzichtbar. Schutzziel ist es daher auch, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten (ULBRICHT, 2002). Störungen der Bodenfunktionen können zu zusätzlichen Freisetzungen klimawirksamer Spurengase führen und die CO₂-Festlegung durch die Vegetation beeinträchtigen.

- Puffer- und Filterfunktion

Böden können aufgrund ihrer Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften den Umsatz von Substanzen in ihrem ökosystemaren Stofffluss verlangsamen (Pufferfunktion) oder sie zeitweise oder dauerhaft diesem Kreislauf entziehen (Filterfunktion). So wird z.B. das Niederschlagswasser während der Bodenpassage gefiltert, Nährstoffe werden zurückgehalten und Schadstoffe können in die Bodenmatrix eingelagert werden. Organische Schadstoffe werden hauptsächlich durch mikrobielle Prozesse im Boden umgewandelt. Der Boden kann durch solche und andere Prozesse auch eine Senkenfunktion im Ökosystem erfüllen. Ebenso werden H^+ - und OH^- -Ionen neutralisiert, d.h. Reaktionsänderungen werden so abgepuffert, dass sich der pH-Wert nicht oder nur wenig ändert. Eine Beeinträchtigung der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften kann dazu führen, dass Schadstoffe mobilisiert werden und in das Grundwasser gelangen.

- Archivfunktionen

Der Boden kann als Archiv der Naturgeschichte, als Dokument der Erd- und Landschaftsgeschichte dienen. Da sich Bodentypen in Abhängigkeit von den jeweiligen Umweltbedingungen (Gestein, Klima, Zeit) ausbilden, kann Boden in seinem Profilmerkmal die landschaftsgeschichtlichen Bedingungen seiner Entstehungszeit widerspiegeln, wenn er nicht durch den Menschen in seinem Aufbau zerstört wurde. Er konserviert die Spuren seiner langen natürlichen Entstehungsgeschichte und ist daher Archiv oder Informationsquelle der Landschaftsgeschichte. Es kann sich dabei z.B. um fossile Böden oder um Reliktböden handeln. Für die Rekonstruktion der Vegetationsgeschichte sind u. a. Moore im Rahmen der Pollenanalyse von großer Bedeutung. Als Archiv der Kulturgeschichte enthalten Böden Zeugnisse des menschlichen Handelns. Dieses können z.B. frühere Landnutzungsformen, Siedlungsreste oder historische Bergbautätigkeiten sein. Durch den Schutz dieser Bodenfunktion werden die Böden an sich geschützt.

- Bodenbeeinträchtigung

Böden und Bodenfunktionen können durch Erosion, Bodenverfestigung/-verdichtung, Einträge von organischen und anorganischen Schadstoffen und Bodenversauerung sowie durch Flächeninanspruchnahme beeinträchtigt oder gar zerstört werden. Ziel des Bodenschutzes ist es, **Bodenbeeinträchtigung** zu vermeiden oder zu minimieren. Folgende Begriffe sind klar definiert, die verschiedene Aspekte der Bodenbeeinträchtigung darstellen:

- Bodenbelastbarkeit

Bodenbelastbarkeit wird meist im chemischen Sinne verstanden und gibt Auskunft über den Grenzbereich, bis zu dem ein Boden mit Stoffen belastet werden kann. Oberhalb des spezifischen Grenzbereiches kollabiert sein Filtervermögen (GEITNER et al. 2007).

- Bodendegradation

Bodendegradation ist ein Begriff, der die Herabstufung eines Bodens im Sinne einer nachhaltigen Veränderung oder Zerstörung seiner natürlichen Merkmale, Strukturen und Funktionen darstellt. **Bodendegradation** bedeutet im weiteren Sinne die Abnahme der Bodenfruchtbarkeit, im engeren Sinne die Abnahme der Aggregatstabilität. Der Begriff kann aber noch weiter gefasst werden, z.B. nach GEITNER et al. (2007: S. 23) als *“Schädigung oder Zerstörung von Böden und Bodenfunktionen*

in Form von Erosion, (...), Versauerung, Schadstoffeintrag und anderen Verunreinigungen, (...), Verdichtung, Versiegelung, Ausgrabung und anderen negativen Auswirkungen der menschlichen Nutzung.“

- Bodenerosion

Als Bodenerosion bezeichnet man den Prozess des Verlusts und der Verlagerung von Bodenmaterial durch Wasser, Wind und Schwerkraft.

- Bodenkontamination

Kontaminierte Böden sind Böden, in denen Schadstoffe abgelagert sind. Bodenkontamination ist die Verunreinigung des Bodens mit anorganischen und organischen Schadstoffen aus der Luft, durch Dünger, aus Abwasser, Straßenspritzwasser, durch Unfälle oder wilde Müllkippen. Als Schadstoffe wirken viele Schwermetalle, manche Verbrennungsgase, organische Verbindungen oder auch natürliche Stoffe z.B. aus vulkanischen Quellen, die aufgrund ihrer Langlebigkeit oder Bioverfügbarkeit im Boden oder aufgrund anderer Eigenschaften und ihrer Konzentration geeignet sind, den Boden in seinen Funktionen zu schädigen oder sonstige Gefahren hervorzurufen.

- Bodenverdichtung

Bodenverdichtung bezeichnet einen bodenphysikalischen Prozess, der mit der Zunahme der Lagerungsdichte (höhere Auflast) und der Abnahme des Porenvolumens (v. a. durch Abnahme der Grobporen bzw. Verringerung der Gefügestabilität) einhergeht. Die sogenannte Sackungsverdichtung (z.B. Torfsackungen) - im Gegensatz zur Einlagerungsverdichtung - ist die Folge von Belastung des Bodens durch sein Eigengewicht und auch durch die Belastung mit immer schwerer werdendem Gerät zur Bodenbearbeitung oder in Form von Baumaschinen. Die Einlagerungsverdichtung findet infolge von Stoffeinwanderung statt, z.B. werden Bodenteilchen von perkolierendem Wasser aus ihrer ursprünglichen Lage entfernt, in den Grobporen transportiert und mit abnehmendem Strömungsdruck wieder abgelagert (EGLI & PETER, 1997)

- Bodenversauerung

Bodenversauerung ist die Erhöhung der Konzentration an Protonen durch Säureeinträge mit den Niederschlägen, Aluminium-Ionen und anderen Säurebildnern in der Bodenlösung. Sie ist in unseren Breiten ein natürlicher Prozess, der durch die Industrialisierung mit zusätzlichem Säureeintrag aus Verbrennungsgasen maßgeblich verstärkt wurde. Die Bodenalkalisierung, der gegensätzliche Prozess, kann durch technogenes Substrat wie Bauschutt oder äolisch eingebrachte Stäube ausgelöst werden (GEITNER et al. 2007).

- Versiegelung

Versiegelung bezeichnet die Überbauung des Bodens mit mehr oder weniger luft- und wasserundurchlässigen Materialien. Werden z.B. die Böden mit einer völlig undurchlässigen Schicht abgedeckt wie z. B. Asphalt und Beton, kann an diesen Stellen kein Wasser bzw. Niederschlag in den Boden einsickern oder eindringen. Versiegelung stellt einen massiven Eingriff in die Pedosphäre dar, da die Leistungen in Bezug auf die Bodenfunktionen auf der betroffene Fläche meist vollständig

verloren gehen und nur schwer wieder herzustellen sind, zumal in den meisten Fällen eigentlich der Untergrund versiegelt wird, nachdem der Boden abgetragen worden ist.

3.1.1.3 Bodenschutz

Insgesamt gesehen ist Bodenschutz eine umfassende *“(...) Präventivaufgabe zur Vermeidung oder Minimierung von Schadstoffeinträgen, von Bodenerosion und von Bodenversiegelung.*“ Grundsätzlich ergeben sich daraus *“drei Bodenerhaltende Schutzziele: Funktionsschutz, Substanzschutz und Flächenschutz*“ (HINTERMAIER-ERHARD & ZECH, 1997, S. 48).

- Der „Funktionsschutz“ zielt auf den Schutz des Bodens als lebenden Bestandteil des Ökosystems hin, in dem verschiedene Stoffkreisläufe zusammenlaufen und umfasst Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung von Belastungen durch übermäßige Düngung, persistente Pflanzenschutzmittel, schädliche Immissionen, Bodenverdichtungen und genetisch veränderte Organismen.
- „Substanzschutz“ beinhaltet den Schutz des Bodens vor Substanzverlusten durch Bodenerosion oder Humusschwund.
- „Flächenschutz“ beinhaltet den Schutz des Bodens vor flächenhaften Verlusten durch Bebauung und Bodenversiegelung.

Argumente für den Bodenschutz ergeben sich durch die hohe „Leistungsfähigkeit“ von Böden hinsichtlich einer oder mehrerer natürlichen Bodenfunktionen und der Archivfunktion von Böden. In diesen Fällen ist von „Schutzwürdigkeit“ zu sprechen. Sie können aber auch an spezifische „Empfindlichkeiten“ z.B. gegenüber Bodenerosion, -verdichtung, Stoffeinträge des Bodens geknüpft werden. In diesen Fällen ist von „Schutzbedürftigkeit“ die Rede (GEITNER et al. 2007).

Bei beiden Gesichtspunkten Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit können auch sogenannte „Vorbelastungen“ von Bedeutung sein. Diese stellen Zustandsveränderungen des Bodens in Abweichung von einem weitgehend natürlichen bzw. naturnahen Bodenzustand dar, die zugleich eine Beeinträchtigung natürlicher Bodenfunktionen oder der Archivfunktion bedeuten (können). Je nach Art und Intensität der Vorbelastung ergeben sich damit Änderungen bei der Erfüllung der Bodenfunktionen und somit im Grad der Schutzwürdigkeit des Bodens. Entsprechendes gilt in Bezug auf den Grad der Empfindlichkeit des Bodens (LAMBRECHT et al., 2003).

Die Schutzwürdigkeit von Böden ist also durch ihre Leistungsfähigkeit und ihren Wert als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte definiert. Empfindliche Böden sind besonders schutzwürdig, ihre Beeinträchtigung ist zu vermeiden oder zu mindern.

Die Ziele des Bodenschutzes sind in §1 BBodSchG definiert, dort heißt es, dass schädliche Bodenveränderungen abzuwehren sind. Außerdem soll gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden Vorsorge getroffen werden. Das Vorsorgeprinzip stellt das zentrale Anliegen des Gesetzes dar (§7 BBodSchG).

- Bodenschutz in der räumlichen Planung

Das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) enthält keine Anforderungen an die räumliche Planung, somit ist die Regelung zur Bewertung von Böden bei raumbeanspruchenden Maßnahmen als Aufgabe des Naturschutzes zu sehen. Rechtliche Regelungen des Raumordnungs- und Naturschutzrechts erhalten somit eine hohe Bedeutung für den Bodenschutz. Die Bodenschutzgesetzgebung gibt vor, Böden und deren Funktionen nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen. Dabei ist nicht nur Vorsorge vor nachteiligen Einwirkungen auf den Boden zu treffen, sondern generell auch ein sorgsamer Umgang mit Böden als endlichen Ressourcen geboten.

Die in der Bodenschutzgesetzgebung definierten natürlichen Bodenfunktionen und die Archivfunktion des Bodens sind also gegenüber den Nutzungsfunktionen abzuwägen. Die Inanspruchnahme von Böden in ihren Nutzungsfunktionen führt in der Mehrzahl der Fälle dazu, dass die Böden in ihren natürlichen Funktionen beeinträchtigt werden. Böden werden in der räumlichen Planung bisher überwiegend als zweidimensionales Phänomen - als Fläche - angesehen. Dies verhindert, dass der mit der Inanspruchnahme von Böden verbundene Verlust der Leistungsfähigkeit von Böden als vierdimensionales System in Raum und Zeit wahrgenommen wird (KÖGEL-KNABNER, 2002?).

3.1.2 Bewertung von Bodenfunktionen und Methodik der Bodenbewertung

Die Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen basiert auf dem in den §1 und 7 des BBodSchG formulierten Vorsorgeprinzip und den im §2 definierten Funktionen, die der Boden im Sinne des Gesetzes erfüllt. Zweck der Bodenfunktionsbewertung bzw. Boden-Bewertung ist es, eine angemessene Berücksichtigung des Schutzgutes Boden bei Planungen und Entscheidungen zu erreichen. Dies kann nur erfolgen, wenn die Funktionen des Bodens nachvollziehbar anhand **qualitativer oder quantitativer Maßzahlen** bewertet werden können (JAHN et al., 2006).

Die ökologische Bewertung von Boden muss dabei auf die konkrete Umsetzung von Maßnahmen des Bodenschutzes und die Einflussnahme auf z.B. Standortentscheidungen in anderen Fachbereichen abzielen. Es sollen Beiträge zur Minderung der Bodendegradation und zur Eindämmung von Verlusten an regionale Bodenqualitäten geleistet werden. Des Weiteren wird von diesbezüglichen Bewertungsverfahren erwartet, dass sie den Erhalt von einzigartigen und seltenen Böden und damit den Bestand einer größtmöglichen Vielfalt des Bodenmosaiks unterschützen (MÖLLER & HELBIG, 2005).

Zur Operationalisierung und Bewertung der im Gesetzestext dargestellten Bodenfunktionen müssen „Teilfunktionen“ definiert werden. Mithilfe dieser Teilfunktionen können die im Gesetzestext erhaltenen pauschal definierten Bodenfunktionen operabel gemacht werden. Besondere Bedeutung kommt dabei den natürlichen Bodenfunktionen zu. Zur Bewertung der natürlichen Funktionen, der Archivfunktion und der Nutzungsfunktionen des Bodens existiert eine Vielfalt von methodischen Ansätzen. Die Auseinandersetzung mit den existierenden Ansätzen hierzu lässt die in Tab. 1 dargestellte Ableitung von Teilfunktionen zur Operationalisierung der natürlichen Bodenfunktionen zu. Die Verknüpfung der Parameter, die „Bewertungsmethode“ oder „Verknüpfungsregel“, führt zu einem Wert, der wiederum zur Bewertung von Bodenteilfunktionen und Bodenfunktionen

herangezogen werden kann. Derselbe Parameter fließt dabei in unterschiedliche Verknüpfungen ein, d.h. er kann auch für die Bewertung verschiedener Kriterien herangezogen werden. Die Abb. 1 stellt die Vorgehensweise bzw. Methode bei Bewertung von Boden(teil)funktionen dar.

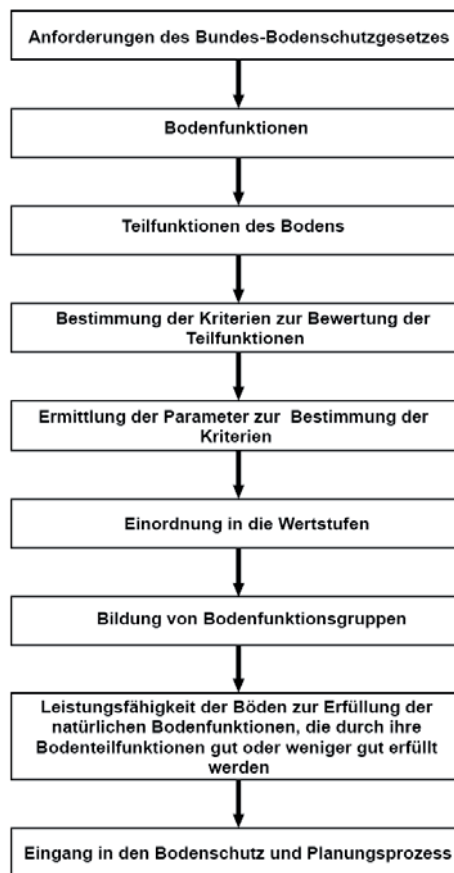


Abb. 1: Schematische Vorgehensweise zur funktionalen Bewertung von Böden (Quelle: eigene Darstellung nach ULBRICHT, 2002)

3.2 Bodenfunktionsbewertung als Grundlage bodenschutzorientierter Raumplanung

Boden bildet zusammen mit Wasser, Luft und Sonnenlicht die Grundlage allen Lebens in Landökosystemen. Er erfüllt darüber hinaus eine Reihe der anderen Funktionen. Boden stellt auch als Flächenreserve ein knappes Gut dar, wobei sich die verschiedenen Nutzungsarten in menschlichen Zeiträumen überlagern und gegenseitig beeinflussen. Gleichzeitig ist Boden leicht zerstörbar und nicht vermehrbar. Daher ist der Bodenschutz unumgänglich. Ohne diesen ist keine nachhaltige Entwicklung zu gewährleisten (GEITNER et al. 2007).

Die Ausweitung einer Nutzungsart führt meist zur Einschränkung anderer Nutzungsarten oder Beeinträchtigung anderer Bodenfunktionen. Somit kommt einer Beschränkung der zunehmenden „Flächeninanspruchnahme“ durch Siedlung und Verkehr eine herausragende Bedeutung zu.

Auf der Grundlage des Planungsrechts können aber bereits wesentliche Anforderungen eines vorsorgenden nichtstofflichen Bodenschutzes abgedeckt werden, wie z.B. sparsame und schonende Inanspruchnahme von Böden, weitgehende Minimierung von Versiegelungen durch Siedlung und Verkehr, Entsiegelung nicht mehr genutzter Böden, Vorrang der Wiedernutzung von Böden

(Flächenrecycling) und der Schutz von Böden als Naturgut. In der Planungspraxis ist jedoch eine unzureichende Umsetzung von Bodenschutzzielen festzustellen.

Mit den rechtlichen Regelungen ist der nachsorgende Bodenschutz bereits weitgehend verankert. Um jedoch räumliche Planung in Kommunen wirklich nachhaltig gestalten zu können, bedarf es vor allem Fortschritte im „vorsorgenden Bodenschutz“ (GEITNER et al., 2007)

Bodenschutz in der räumlichen Planung ist daher **vorsorgender Bodenschutz**. Ziel des vorsorgenden Bodenschutzes ist es, Boden in seiner Vielfalt und Menge mit seinen natürlichen Funktionen und seiner Archivfunktionen zu erhalten und diese Funktionen zu sichern. Ein Boden kann die natürlichen Funktionen und Archivfunktionen erfüllen. Sie erlauben auch später andere Funktionen zu nutzen. Die Kenntnis der Fähigkeiten verschiedener Böden zur Erfüllung ihrer natürlichen Funktionen ist ein wesentlicher Schritt in Richtung des vorsorgenden Bodenschutzes und kann zur Umsetzung einer „nachhaltigen Entwicklung“ einen wichtigen Beitrag leisten (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE, 2005).

In Berlin betrifft dieser vorsorgende Bodenschutz insbesondere folgende Böden:

- Böden, die seltene Zeugnisse der holozänen Landschaftsgeschichte sind, und die Böden, die sich in langer Entwicklungszeit gebildet haben, die Standorte für naturnahe und seltene Pflanzengesellschaften darstellen (Auen, Gleye, Moore).
- Böden, die eine besondere Bedeutung im Zusammenhang mit der Trinkwasserversorgung im Stadtgebiet haben.
- Böden, die eine hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit auf landwirtschaftlich genutzten Flächen besitzen (GERSTENBERG et al., 2007)

Die Aufgabe des vorsorgenden Bodenschutzes in der räumlichen Planung ist es daher auch, eine Nutzung der anderen Funktionen z.B. Baugrund bzw. Fläche für Siedlung und Erholung auf solche Böden zu lenken, an denen die anderen Bodenfunktionen dadurch möglichst wenig beeinträchtigt werden, sofern sich das in der Abwägung mit allen anderen Schutzgütern als die umweltverträglichste Lösung herausstellt (LAU SACHSEN-ANHALT, 1998). Aus diesem Grund ist Ziel des Bodenschutzes in der räumlichen Planung, die folgenden Funktionen nachhaltig zu sichern:

- Regelungsfunktion für den Wasserhaushalt
- Archivfunktion zur Natur- und Kulturgeschichte
- Ertragsfunktion für Kulturpflanzen (Natürliche Bodenfruchtbarkeit)

Dieses Schutzziel soll eine Nutzung der anderen Funktionen z.B. Baugrund bzw. Fläche für Siedlung und Erholung nicht verhindern, sondern lediglich dafür sorgen, dass dabei die anderen Bodenfunktionen bzw. andere Schutzgüter möglichst wenig beeinträchtigt werden.

Fazit

Nach den vorgenannten Gesichtspunkten in den Kapiteln 3.1 und 3.2 lässt sich zusammenfassen:

1) Im Sinn des BBodSchG hat somit **Bodenschutz** zum Ziel

- Böden und deren Funktionen nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen, Bodenschutz also beinhaltet einen vorsorgenden („Funktionen sichern“) und einen nachsorgenden Aspekt („Funktionen wiederherstellen“).
- Vorsorge vor nachteiligen Einwirkungen auf den Boden, und
- sorgsamem Umgang mit Böden als endlichen Ressourcen .
- Schutzziel sind nicht Böden an sich, sondern ihre Funktionen (ihre Leistungsfähigkeit)

2) Grundsätze der Bodenbewertung bei Bodenschutz und Planungs- und Zulassungsverfahren sind wie folgt zusammenzufassen:

- Bewertung von Bodenfunktionen ist Bewertung der Leistungsfähigkeit von Böden²

Die Leistungsfähigkeit der Böden wird über die Funktionen des Bodens bewertet. Hier muss zunächst geprüft werden, ob nachhaltige Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen durch anthropogene stoffliche oder strukturelle Veränderungen, insbesondere auch im Hinblick auf beabsichtigte Nutzung vorliegen.

- Besonders leistungsfähige und wertvolle Böden sind vorrangig zu erhalten

Die Schutzwürdigkeit ergibt sich aus der Leistungsfähigkeit hinsichtlich natürlicher Bodenfunktionen und der Archivfunktion von Böden.

- Schutzbedürftigkeit empfindlicher Böden ist zu beachten

Beeinträchtigungen dieser Böden, z.B. durch Bodenerosion, -verdichtung, Stoffeinträge, etc. sind zu vermeiden oder durch entsprechende standortangepasste Maßnahmen zu mindern. Damit wird auch der Erhaltung der Vielfalt der Böden Rechnung getragen

- große Defizite in der praktischen Umsetzung von Bodenschutzzielen abzuwehren

Die Bodenschutzziele sind definiert; große Defizite bestehen aber insbesondere in der praktischen Umsetzung von Bodenschutzzielen. Der Schutz der Bodenfunktionen wird zukünftig auch zu konkreteren bodenbezogenen Aussagen in der Raumplanung führen müssen.

² Statt von Leistungsfähigkeit bzw. Bodenleistung spricht man im Bodenschutz vom Funktionserfüllungsgrad, wobei die Begriffe hier synonym verwendet werden (FELDWISCH et al., 2006).

3.3 Nutzung der Geographischen Informationssysteme

3.3.1 Aufbau von geographischen Informationssystem (GIS)

3.3.1.1 Allgemein

Geographische Informationssysteme, häufig eher als Größe und komplexe Software-Pakete aufgefasst, beschäftigen sich mit komplexen Themen aus unterschiedlichen Disziplinen und es werden zusätzlich zahlreiche andere Begriffe verwendet (z.B. „Raumbezogenes Informationssystem“). Dies macht deutlich, dass Geo-Informationssysteme mit verschiedenen Definitionen belegt werden. Der vielfältiger Einsatz und die Vielzahl verschiedener Ausprägungen Geographischer Informationssysteme machen die exakte Definition dieses Werkzeuges so notwendig. Die vermutlich üblichste Definition von LIEBIG (2008) ist: *“Ein GIS ist ein System aus Hardware, Software und Anwendungen, mit dem raumbezogene Daten erfasst, verwaltet, analysiert und präsentiert (EVAP) werden können. Durch den Bezug der Daten unterscheidet sich ein GIS in seinen Bearbeitungsmethoden wesentlich von anderen Informationssystemen.“* Ebenso können die „Aufgaben“ (Funktionen) eines GIS durch die vier Komponenten „Erfassung“, „Verwaltung“, „Analyse“ und „Präsentation“ (EVAP) dargestellt werden; wie in der Definition von LIEBIG et al. (2008) bereits erwähnt (Abb. 2).

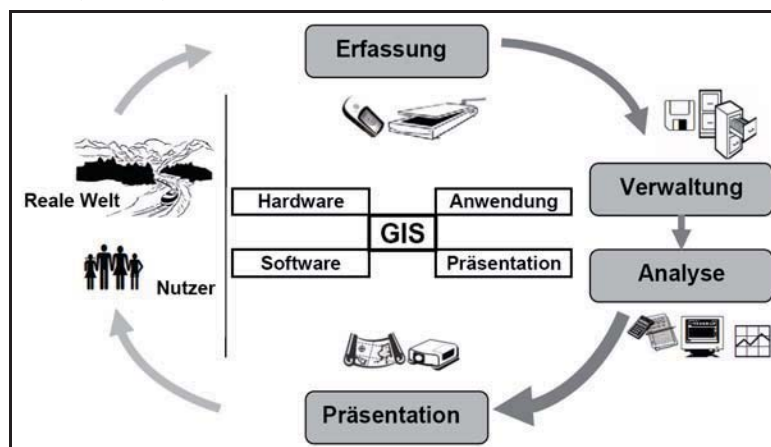


Abb. 2: Aufgaben und Bestandteile von GIS
(eigene Darstellung nach BORKEL, 2007)

In diesem Kapitel werden Komponenten dieser sog. „Vierkomponenten-Modelle“ (BILL, 2009), die Daten, die Erfassung, die Verwaltung, Analysemöglichkeiten und Präsentation eines Geo-Informationssystems erläutert. Die Beschreibung beschränkt sich auf diese oben genannten Aspekte, da nur diese eine wichtige Relevanz in Bezug auf die in Kap. 8 behandelte GIS-gestützte Bodenbewertung aufweisen.

3.3.1.2 Datentypen in GIS (Geometrie- und Topologiedaten und Grafikdaten)

GIS-Daten beziehen sich auf die Erdoberfläche. „Raumbezogene Daten“ (Geo-Daten), die mit Hilfe Geographischer Informationssysteme verarbeitet werden können, bestehen aus den „Geometriedaten“

(z.B. Koordinaten) und „Sachdaten“ (Attribute) für ein reales Objekt. Die Geometriedaten stellen die räumliche Ausprägung eines Objektes, wie z.B. die Form und Lage von Punkten, Linien und Flächen bzw. Polygonen, dar. Die Geometriedaten können durch „Vektordaten“ und „Rasterdaten“ dargestellt werden. Zur Beschreibung der Geometriedaten in einem GIS ist auch eine „graphische Beschreibung“ (eigene Attribute) erforderlich, wie beispielsweise die Stärke oder Farbe einer Linie. Attribute bei Polygonen können z.B. Füllmuster und Füllfarbe sein. Den Grafiken können außerdem beschreibende Sachdaten (Attribut-Daten) zugeordnet werden. Die Sachdaten (Attribute) beschreiben bestimmte thematische Inhalte, die diesem Objekt als Eigenschaften (Attribute) zugeordnet sind, wie z.B. Nutzungstyp oder Bodentyp. Reale Objekte werden in einem GIS in thematischen Informationsebenen (oft „Layer“ genannt) abgelegt, vorgehalten und verwaltet. Somit können also drei Typen von Informationen unterschieden werden, mit denen einzelne Objekte innerhalb eines GIS bestimmt werden können: Sachdaten, Geometriedaten und deren graphische Beschreibung (Abb. 3).

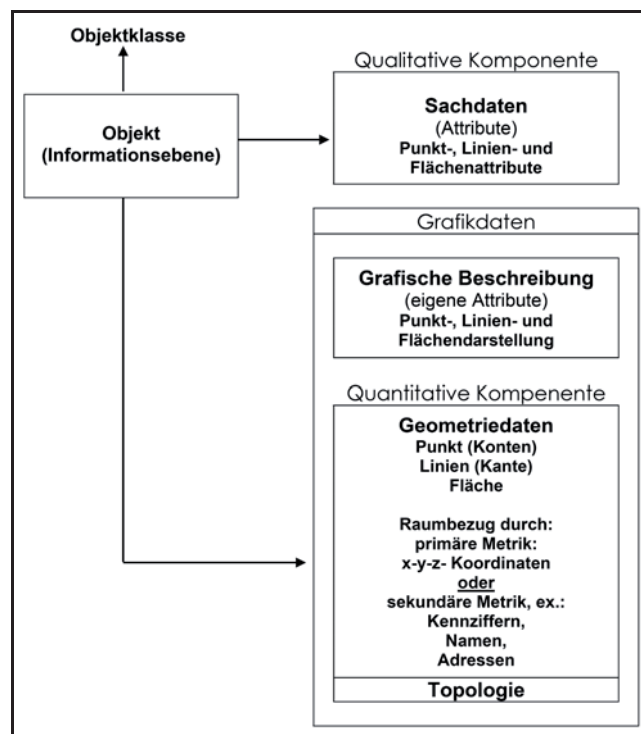


Abb. 3: Objektivkomponenten in GIS
(Geschwinder, 1997 u. Bill, 2007, modifiziert)

In der vorliegenden Arbeit wird das System vektororientiertes GIS mit der Fähigkeit, zusätzlich Rasterdaten ohne Sachdatenanbindung einzublenden, verwendet. Also bleiben bei der Anwendung bestimmter mathematischer Operationen (z.B. Projektionen) topologische Beziehungen erhalten (LIEBIG et al., 2008).

3.3.1.3 Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation (EVAP) in GIS

Die **Erfassung** von raumbezogenen Daten dient der Abbildung der realen Welt in Raum, Thema und Zeit. Die Erfassung des mit einem GIS zu erfassenden Datenbestandes erfolgt über Dateneingabe, wobei die Möglichkeiten zur Datenauf- oder -übernahme sehr vielfältig sind. Die zu erfassenden

Daten stammen aus unterschiedlichen Quellen, liegen in unterschiedlichen Formen vor und unterscheiden sich damit in ihren Methoden der Erhebung und Eingabe in ein GIS. So besteht die Möglichkeit, „Geometriedaten“ von analogen Vorlagen zu digitalisieren oder zu scannen und die Sachdateneingabe selbst vorzunehmen. Weiterhin können sie aus anderen Informationssystemen, soweit eine Kompatibilität besteht, direkt übernommen werden. In einem GIS kommen auch raumbezogene Daten zum Einsatz, die in digitaler Form aus Vermessungsämtern, statistischen Landesämtern oder auch von privaten Anbietern stammen (BILL, 2007). In der Regel ist die Datenerfassung beim Einsatz von GIS mit dem höchsten Aufwand verbunden. Bei der Erfassung von „raumbezogenen Daten“ handelt sich um bereits mit Sachdaten versehene Geometrien. Derzeit geht der Trend in die Richtung, dass neben den klassischen, von öffentlicher Seite zu übernehmenden Daten, den Katasterdaten, auch weitere fachbezogene Geodaten immer häufiger verfügbar werden (z.B. Daten aus Bodeninformationssystemen BIS der Bundesländer).

Die eingegebenen Daten liegen im GIS in großen Mengen und unterschiedlichen Formen vor, so dass eine systematische und strukturierte **Verwaltung** dieser Daten von zentraler Bedeutung ist. In der Regel liegen in einem GIS alle Daten unterstützt von einem „Datenbankmanagementsystem“ (DBMS) in einer „Datenbank“ (DB) vor. Die Verwaltung der digitalen Daten erfolgt entweder über in das Geographische Informationssystem implementierte Datenbanksysteme (implementiertes Datenmodell) oder über ein an das GIS anzubindende externe Datenbanksystem, wobei eine interaktive Verbindung von Sach- und Geometriedaten besteht.

Die **Analyse** dient der Gewinnung von neuen Informationen, so dass die Erzeugung neuer Informationen aus gespeicherten Daten und die Herstellung von Zusammenhängen, eine zentrale Aufgabe eines GIS sind. Die Analysemöglichkeiten sind vielfältig und je nach Fragestellung sind Datenverarbeitungsschritte nötig, die in Form von Algorithmen in der Methodendatenbank eines GIS abgelegt sind (BORKEL, 2007). Die Methoden in der Datenanalyse werden in der Tab. 5 (siehe Anlagen-Band) mit einigen Anwendungsbeispielen verdeutlicht.

Die **Präsentation** (Datenausgabe) in einem GIS ist schließlich die Darstellung von raumbezogenen Daten in Form von Karten (für die Objekte), Diagrammen und Tabellen (für Sachdaten) auf Bildschirm, Papier (mit Drucker, Plotter) oder in elektronischer Form (Multimedia, Videos, Internet/Intranet)³. Hierbei ist das Ergebnis entscheidend abhängig von den Präsentationsfähigkeiten der GIS-Software, von der eingesetzten Hardware (Präsentationstechnik wie z.B. Qualität, Auflösung und Größe von Bildschirmen oder Plottern) und dem Zweck der Nutzung von dargestellten Daten.

3.3.2 Fach- und aufgabenbezogene Ausprägungen von GIS

Wegen der Notwendigkeit und der Vielfalt der Anwendungen werden für verschiedene Fachdisziplinen eigene aufgabenbezogene Geographische Informationssysteme aufgebaut bzw. entwickelt, die jetzt als Spezialisierungen in der allgemeinen Kategorie GIS klassiert werden können

³ Für Kartenausgabe und Präsentation hat ein GIS Präsentationsmodule, die neben den üblichen Zeichenfunktionen auch verschiedenste Legenden, Maßstäbe, Nordpfeile, Koordinatengitter und andere typische Kartenelemente erstellen können.

(BILL, 2007). Hierzu gehören z.B. „Land (LIS)-, Raum (RIS)-, Umwelt (UIS)-, Netz- (NIS), und Fachinformationssysteme (FIS)“. Diese Spezialisierungen können als fach- und aufgabenbezogenen Ausprägungen von GIS charakterisiert werden. Diese Ausprägungen von GIS weisen Modifikationen in Form von externen Fach-Datenbanken und Methoden auf, die eine immer stärkere Verknüpfung von GIS erhalten. Somit sind die Begriffe dieser Art nicht als Synonyme von GIS (FUCHS, 2002) zu verwenden (Tab.6).

Tab. 6: Fach- und aufgabenbezogene Ausprägungen von Geoinformationssystemen

(Quelle: GESCHWINDER, 1997 u. BILL, 2009, modifiziert)

allgemeine Kategorie GIS			
Ausprägung von GIS	Schwerpunkt		
	Anwendungsbereich	Raumbezug/Maßstab	Eigene Grundzüge Unterscheidungsmerkmale
Landinformationssystem (LIS)	Kataster und Vermessung	Große Maßstäbe (1:500-1:10.000) Ausdehnung auf mittlere bis kleine Maßstäbe in ATKIS (1:10.000- 1:1.000.000)	Permanentdatenhaltung, Erfassung, Verwaltung, (Analyse) und Präsentation
Rauminformationssystem (RIS)	Geographie, Raumplanung, Statistik und Demoskopie	Mittlere Maßstäbe (1:10.000-1:100.000) Kleine Maßstäbe (1:100.000-1:1.000.000)	Permanentdatenhaltung, Erfassung, Verwaltung, (Analyse) und Präsentation
Umweltinformationssystem (UIS)	Ökologische Fragestellungen (Ökologie, Ökosystem, Ökosystemforschung, Stoff- und Energiekreisläufe, Ökonomie und Verwaltung), weit gefächertes Aufgabengebiet	Mittlere Maßstäbe (1:10.000-1:100.000) Kleine Maßstäbe (1:100.000-1:1.000.000)	Erfassung, Verwaltung, (Aktualisierung), Analyse
Netzinformationssystem (NIS)	Management vorw. technischer Einrichtungen und Anlagen	Meist große Maßstäbe (1:100-10.000) Mittlere Maßstäbe (1:10.000-1:100.000)	Permanentdatenhaltung, Erfassung, Verwaltung, (Analyse) und Präsentation
Fachinformationssystem (FIS)	Spezialanwendungen, z.B. Navigation und Kommunikationssysteme	Je nach Fachinformationssystem/ k.A.	Je nach Fachinformationssystem/ k.A.

3.3.3 Einsatz Geographischer Informationssystem in der bodenschutzorientierten Raumplanung

Mit zunehmender Komplexität des in Planungen zu berücksichtigenden Bodenschutzes dient GIS als Werkzeug zur Bewertung der benötigten raumbezogenen Bodeninformationen (Bodenbewertung bei der Flächennutzungsplanung) und zur Unterstützung bei Planungs- und Entscheidungsprozessen.

Gemäß der in Kap. 3.3.2 beschriebenen fach- und aufgabenbezogenen Ausprägungen von GIS handelt es sich bei der Bewertung von raumbezogenen Daten für Planung- und Bodenschutzzwecke um „Umwelt- oder Fachinformationssysteme“ (UIS, FIS), die viele Daten mit räumlichem Bezug enthalten und auf verschiedener Ebene in verschiedenen Bereichen aufgebaut werden⁴. In diesen Fachinformationssystemen liegen Modifikationen in Form von externen Daten- und Methodenbanken, die eine immer stärkere Verknüpfung mit GIS enthalten. Somit nimmt der Einsatz von GIS in der bodenschutzorientierten Raumplanung immer mehr zu und wird in naher Zukunft in vielen Bereichen

⁴ Z.B. werden Umweltinformationssysteme auf internationaler, Bundes-, Landes-, und kommunaler Ebene ebenso wie in privaten Unternehmen aufgebaut; genannt seien das UIS-Baden-Württemberg, NIBIS als Beispiele (BILL, 2007).

zum Standard werden. Die folgenden Definitionen verdeutlichen die Unterschiede zwischen diesen Ausprägungen von GIS:

sind. *“Ein Umweltinformationssystem ist ein erweitertes Geoinformationssystem, das der Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Präsentation von raum-, zeit- und inhaltsbezogenen Daten zur Beschreibung des Zustandes der Umwelt hinsichtlich Belastungen und Gefährdungen dient und Grundlagen für Maßnahmen des Umweltschutzes bildet.”* (BILL, 2007).

“Fachinformationssysteme stellen eine besondere Klasse von Geo-Informationssystemen dar. Hierunter fallen insbesondere die Spezialanwendungen, die mit den bisherigen Ausprägungen nicht abgedeckt ” (BILL & FRITSCH, 1994).

Die Zielsetzungen oder Aufgaben von GIS im Rahmen der bodenschutzorientierten Raumplanung sind wie folgt formuliert:

- **Erfassung- und Verwaltungsaufgabe** (Informationenaufgabe): Die ständig, mehrfach oder auch nur einmalig benötigten(räumlichen) Bodendaten müssen erfasst, verwaltet und problemadäquat bereitgestellt werden und mit GIS-Unterstützung transparent für weitere Aufgaben gemacht werden.
- **Analyseaufgabe**: Einfache oder komplexe Zusammenhänge, die für die Problemlösung relevant sind und die durch die Bodendaten abgebildet werden.
- **Bewertungsaufgabe**: Ein bodenschutzorientierten Raumplanungs-GIS muss auch Werkzeuge anbieten um Bewertungen (räumlicher) Bodendaten so objektiv wie möglich durchführen zu können.
- **Simulationsaufgabe**: Die Auswirkungen von gewünschten oder vorgeschlagenen Maßnahmen sollen im Rahmen von GIS-Modellen simuliert werden.
- **Bodenschutz- und Planungsaufgabe**: Maßnahmenalternativen zur Erfüllung von Bodenschutz- und Planungszwecke in großmaßstäbigen Bereichen sollen entworfen werden.

Zum einen kann sich ein „Datenbereich“ von Geo-Informationssystemen in der bodenschutzorientierten Raumplanung somit aus den einzelnen Informationsebenen (z.B. Boden, Nutzung (Vegetation) und Klima etc.) aufbauen. Zum anderen gliedert sich das System in ein „Kern- oder Führungssystem“ und den Informationen entsprechende Fachinformationssysteme (z.B. Fachinformationssystem Bodenkunde (FISBo). Diese Fachinformationssysteme beinhalten neben allen Bestandteilen der in Kapitel 3.3.1 beschriebenen Geo-Informationssysteme zusätzlich „Verfahren- und Methodendatenbanken“.

3.3.4 Bodeninformationssysteme

Der Boden als wichtigstes Element im Naturhaushalt und die Notwendigkeit eines standortgerechten und zielorientierten Bodenschutzes werden in den Kap. 3.1 und 3.2 herausgestellt. Um die Leistungsfähigkeit von Böden zu beurteilen und Bodenschutz zu realisieren, benötigt es die Bereitstellung und Aufbereitung räumlich unterschiedlicher bodenkundlicher Informationen sowie die Möglichkeiten der Verknüpfung dieser Informationen mit anderen Informationsebenen (z.B. Klima-

und Nutzungsinformationsebenen), um sie für weitere Funktionen wie Analyse- und Prognosezwecke auswerten zu können. Die bodenrelevante Datengrundlage der Informationsebenen sowie die Komplexität, durch welche die im Boden stattfindenden Abläufe charakterisiert sind, lassen es angebracht erscheinen, diese Analysen und Prognosen über eine rechnergestützte Informationsverarbeitung zu vollziehen. Die Werkzeuge von Geo-Informationssystemen erlauben auch die schnelle Verfügbarkeit der Daten und gewährleisten die aus der Verknüpfung von räumlichen Datenstrukturen ermittelbaren Zusammenhänge sowie die Reproduzierbarkeit von Ergebnissen. Diese Informationssysteme werden als **Bodeninformationssysteme (BIS)** bezeichnet.

Dabei beinhaltet ein Fachinformationssystem (vgl. Kap. 3.3.2) die Informationsebenen Böden, Klima, Nutzung und Höhendaten (Geometriedaten mit ihren Sachdaten) sowie Methoden zur empirischen oder numerischen Ableitung von bodenkundlichen Parameter (Kennwerte).

Die Verknüpfung der Begriffe „Boden“ und „Information“ wurde allerdings erst im Jahr 1982 von LIEBEROTH, der die Bodeninformatik als neues Fachgebiet der Bodenkunde herausstellte, formuliert. Bereits Mitte der achtziger Jahre begann in Deutschland, wie z.B. Niedersachsen, die Entwicklung der Bodeninformationssysteme (die (Vor-) Arbeiten zu Bodeninformationssystemen), zunächst nur mit dem Hintergrund, ein Werkzeug zur Bodeninventur und zum Aufbau von Bodenkatastern zu erstellen. In der zweiten Hälfte der achtziger Jahre wurden die Bodeninformationssysteme im Rahmen der Analysewerkzeugen von GIS-Funktionalitäten weiterentwickelt.

Die Bodeninformationssysteme (BIS) unterscheiden sich aufgrund der Komplexität der Anwendungsbereiche in verschiedene Fachinformationssysteme (FIS), in denen das „Fachinformationssystem Bodenkunde“ (FISBo) eine wichtige Rolle spielt⁵ (ALBRECHT & RITZ, 2006). Die Komponenten eines FISBo sind Datenbank (Sachdaten und Geometriedaten), realisiert in GIS mit Bezug auf Flächen- und Profil- und Labordatenbanken in einem Relationalen Datenbanksystem und implementierten und dokumentierten Auswertungsmethoden (FUCHS, 2002).

Zurzeit existieren die Bodeninformationssysteme in der Hauptsache auf Länderebene, die im Wesentlichen durch die Staatlichen Geowissenschaftlichen Dienste der Bundesländer entwickelt werden, z.B. das Fachinformationssystem Bodenkunde (FISBo) = Niedersächsisches Bodeninformationssystem (NIBIS) des Niedersächsischen Landesamtes, das seit 1985 vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (NLfB) entwickelt worden ist, und neben dem Hauptziel des BIS, die Daten der Bodenschätzung behördenübergreifend verfügbar zu machen, sind weitere Ziele: Erfassung oder Zusammenstellung bodenkundlicher Fachdaten zur Raumordnung, zur Landschaftsplanung sowie zum Naturschutz, Schaffung bodenkundlicher Beratungsgrundlagen zum Grundwasserschutz im ländlichen Raum, Erfassung und Bewertung von Altlasten und kontaminierten Standorten aus bodenkundlicher Sicht, Erarbeitung bodenkundlicher Fachbeiträge für Umweltverträglichkeitsuntersuchungen (UVU), -studien (UVS) und -prüfungen (UVP) (GESCHWINDER, 1997). Die Abb. 4

⁵ Das Bodeninformationssystem (BIS) gliedert sich aufgrund der Komplexität in die Bereiche „Geowissenschaftliche Grundlagen“, „Anthropogene Einwirkungen auf den Boden“ und „Naturschutz/Landschaftspflege“. Für jeden Bereich sind wiederum so genannte Fachinformationssysteme (FIS) aufgebaut. Der Bereich „Geowissenschaftliche Grundlagen“ untergliedert sich in die Fachinformationssysteme Bodenkunde (FISBo), Geochemie, Geologie, Geophysik, Hydrogeologie, Ingenieurgeologie und Rohstoffe (Albrecht & Ritz, 2006).

verdeutlicht den schematischen Aufbau eines Bodeninformationssystems (BIS), also auch den Aufbau des Fachinformationssystems Bodenkunde (FISBo) am Beispiel des bekannten Nieder-sächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS FISBo), wobei nur die wesentlichen Komponenten dargestellt sind.

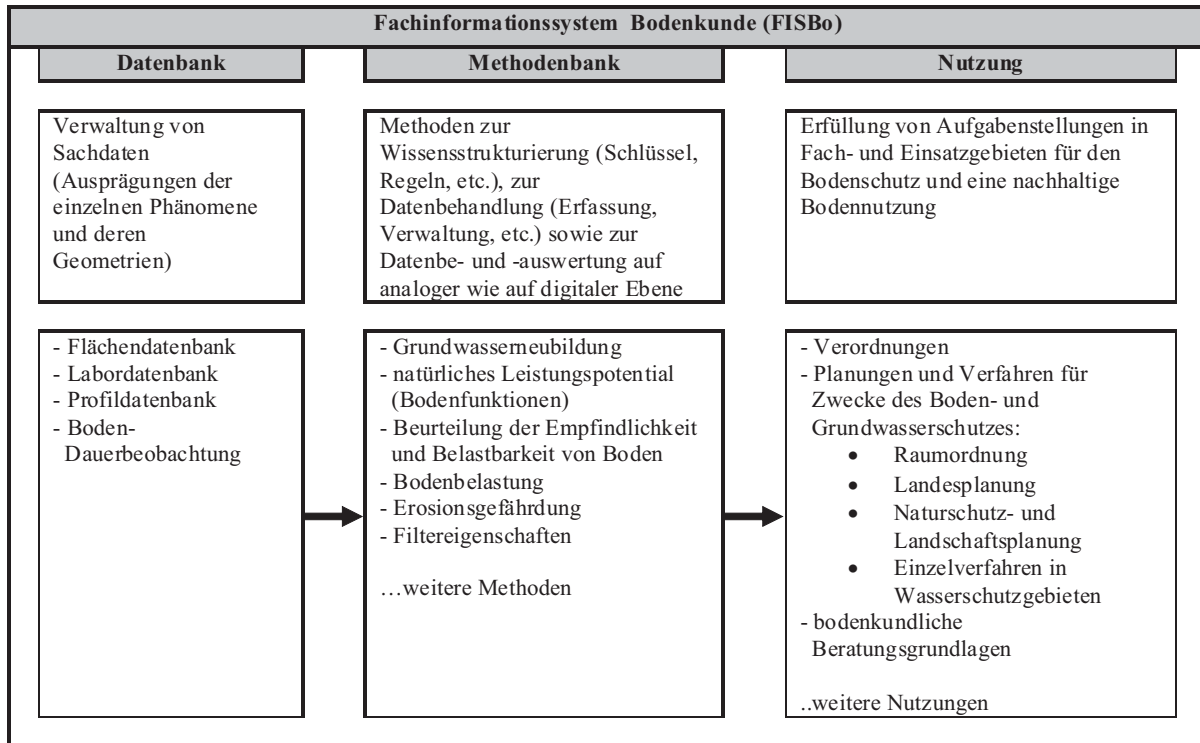


Abb. 4: Ein schematischer Aufbau eines Bodeninformationssystems am Beispiel des „Fachinformationssystems Bodenkunde“ des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung (NIBIS FISBo) (Quelle: Geschwinder, 1997, Albrecht & Ritz, 2006, BGR 2008, modifiziert).

Der Bund orientiert auf ein Bodeninformationssystem auf Bundesebene. Dieses BIS als Bodeninformationssystem des Bundes ist ein Fachinformationssystem (FISe) mit boden(schutz)fachlichen Inhalten. Der Begriff BIS des Bundes ist vor allem theoretischer Natur; er steht als theoretischer Überbau für die Vernetzung der verschiedenen Fachinformationssysteme (FISe) auf Bundesebene in Deutschland. Dazu zählen das im Aufbau befindliche Fachinformationssystem Bodenkunde der BGR (FISBo BGR) und das Fachinformationssystem Bodenschutz des Umweltbundesamtes (bBIS-UBA). Beide FISe sind erwähnt im Anhang zur Verwaltungsvereinbarung zu § 19 BBodSchG. Beide FISe existieren auch eigenständig, es gibt allerdings in größeren Zeitabständen Abstimmungen über Inhalte und Aufgaben. Das BIS des Bundes steht im Zusammenhang mit gesellschaftlichen und bundesweiten Zielen des Bodenschutzes. Es dient somit der Erreichung übergeordneter, gesellschaftlicher Ziele, der Erfüllung fachlicher Ziele und der Lösung von konkreten und hochrangigen Aufgaben im Bodenschutz gemäß dem BBodSchG auf Bundesebene (UMWELTBUNDESAMT, 2009). Die Abb. 5 zeigt als Beispiel den Aufbau des Fachinformationssystems Bodenkunde der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (FISBo BGR).

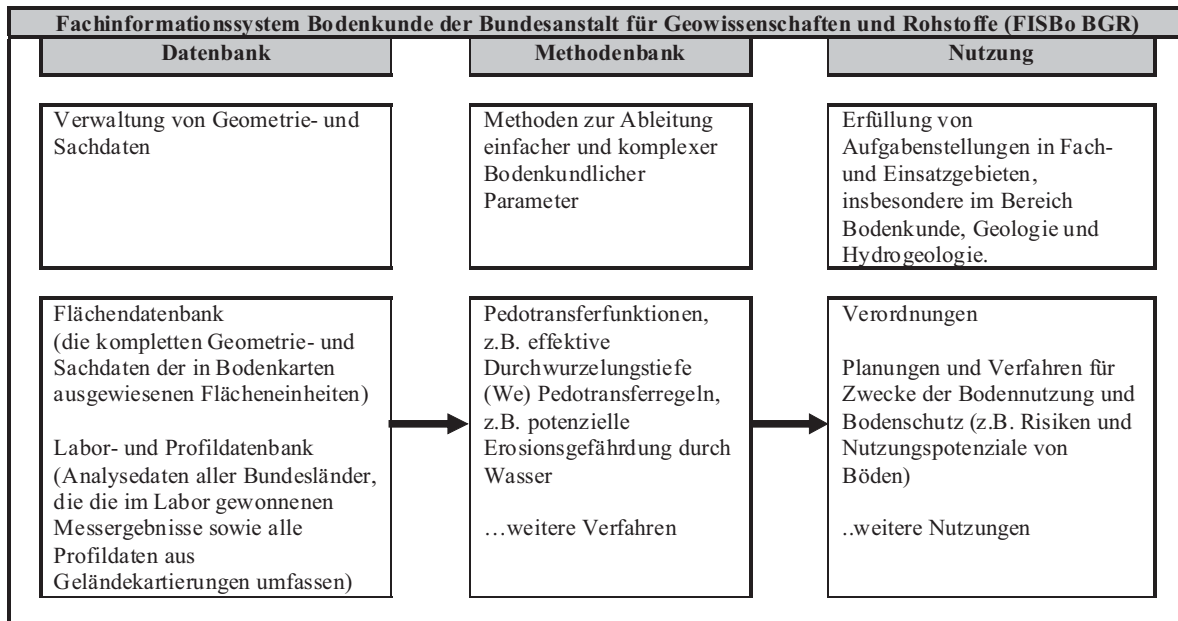


Abb. 5: Aufbau des Fachinformationssystems Bodenkunde der BGR (FISBo BGR)
(Quelle: Eigene Darstellung nach BGR, 2008)

Aus diesen Zielkonzepten ist zu sehen, dass die Inhalte von Bodeninformationssystemen nicht ausschließlich landesweiten (Fach-) Behörden zur Verfügung zu stellen sind, sondern darüber hinaus auch in anderen Fach- und Einsatzgebieten Verwendung finden sollen. Beispielhaft ist hier das Bodeninformationssystem (BIS), das somit die Erreichung des Bodenschutzes in der ökologischen Planung oder/und Raumplanung im Sinne des BBodSchG durch Bewertung von z.B. Bodenfunktionen, Bodenzustand und Bodenbelastung dient. Dies erfolgt anhand der Erfassung bzw. Datenzusammenstellung, Verwaltung und Darstellung von verfügbaren Bodeninformationen ('Geometrie- und Sachdaten' im BIS). Hier ist aber auf die Tatsache hinzuweisen, dass Bodeninformationssysteme der Länder als Werkzeuge für Bodenbewertung und Realisierung des Bodenschutzes in Abhängigkeit von ökologischen oder räumlichen Planungsgrundlagen auf Länderebene nur bedingt geeignet sind, wenn die Datenbasis des BIS sich auf mittlere Maßstabsbereiche von 1:50.000 oder kleiner beschränkt oder die Datendichte der durch BIS bereit-zustellenden ein Problem darstellt (z.B. sind die erfassten Daten in den Untersuchungsräumen nicht immer flächendeckend, was bei den kleinräumigen ökologischen oder räumlichen Planungen nicht ausreichend ist). Somit können die Aufgabenstellungen nicht erfüllt werden.

Ferner darf der Kostenfaktor in einer kritischen Betrachtung nicht unberücksichtigt bleiben; die Kosten für digitale Informationen aus Bodeninformationssystemen sprengen oftmals den Projektrahmen, zumal die Betrachtung des Schutzgutes Boden in der Planungspraxis in der Regel nur einen Teil der Gesamtplanung darstellt.

Zusammenfassend kann bei der Einschätzung des Forschungsstandes der drei Kompartimente Bodenfunktionsbewertung, Bodenschutz im Rahmen der Raumplanung, und Unterstützung von Geo-Informationssystemen festgestellt werden, dass die grundsätzliche Berücksichtigung der Bewertung der Böden hinsichtlich ihrer Funktionen zum Bodenschutz im Rahmen der Planungsprozessen und

dabei vor allem in der Raumplanung, die Ziele des Bodenschutzes, die Komplexität der fachlichen Relationen und nicht zuletzt die nur bedingte Eignung bestehender Bodeninformationssysteme zu der Notwendigkeit führen, ein für die verschiedenen Arten des Planungsprozesses einsetzbares, universelles Analyse- und Bewertungswerkzeug auf Basis von GIS zu erarbeiten, dass im Hinblick auf die Aussagekraft, den Maßstab sowie die maßstabgerechten inhaltlichen Richtigkeit und das Kosten- / Nutzenverhältnis sowohl die Anforderungen in der Planungspraxis als auch die Ziele des Bodenschutzes gerecht werden kann.

In Anlehnung an die für die Bodenbewertung im Kap. 3 formulierten Rahmenbedingungen wird im Kap. 8 die GIS-Unterstützung als Erfassung-, Analyse- und Bewertungswerkzeug, die Erläuterung der bewertungsrelevanten natürlichen („ökologischen“) Bodenfunktionen und die Herleitung der zugehörigen Verfahren zur Ermittlung der Funktionswerte der einzelnen Bodenfunktionen diskutiert.

3.3.5 Kartographische Darstellungen von Bodendaten

Die moderne Datenverarbeitung und angepasste Software wie GIS erlauben heute den Maßstab fast beliebig zu verändern und mit den Bodeninformationen in Bodenkarten direkt am Bildschirm darzustellen. Damit sind jedoch nicht nur Vorteile, sondern auch erhebliche Gefahren im Zusammenhang mit der **Aussagekraft** und der **Präzision** der Bodendaten verbunden. Jede Datendichte und Auflösung hat die auf sie zugeschnittene optimale Darstellung. Abweichungen erhöhen die „**Aussageunsicherheit**“. Eine solche Maßstabdarstellung oder Maßstabsveränderung ohne genaue Überprüfung und Anpassung der Datenaussage ist deshalb nicht zulässig.

Bodenkarten müssen den Maßstab der ihnen zugrunde gelegten Datenerhebung berücksichtigen. Die Bodenkarte erscheint somit als wesentlicher Aspekt für die Darstellung der engräumlichen Variabilität des Bodens und wird aus verschiedenen Elementen (z.B. Feldkarte, Legenden, etc.) aufgebaut.

Die Verfügbarkeit von dichten und genauen inhaltlichen Daten (hohe Datendichte und Auflösung) durch Bodenkartierung in den drei ausgewählten Anwendungsflächen bietet hier die Möglichkeit zur Generalisierung und Aggregierung auf höherer (Maßstabs-)ebene.

Zur Abbildung dieser bodenkundlichen Inhaltsdaten in den großmaßstäbigen Karten (eine stärker zusammenfassende Maßstabebene $\geq 1:10.000$) muss die **Genauigkeit der Aussage** zwangsläufig berücksichtigen (inhaltliche und räumliche Aussagefähigkeit), das bedeutet, die „Aggregierungsstufe“ durch Auswahlregeln zu gewährleisten. Die inhaltliche **Aggregierung** ist hier mit einer räumlichen **Generalisierung** eng verbunden.

Die thematischen Ausgangskarten der Arbeit (Bodentypenkarten und Bodenfunktionskarten) decken die (Flächen)-Bodenformen und Bodengesellschaften durch die Aggregierungsstufen 1 u. 2 entsprechend der bodenkundlichen Kartieranleitung⁶ (Ad-hoc-AG Boden 2005 „KA5“). Diese

⁶ In der bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) befinden sich sieben „Aggregierungsstufen“, die sowohl inhaltliche und räumliche Zusammenfassungsniveaus der bodenkundlichen Inhaltsdaten als auch inhaltliche und räumliche Generalisierungsniveaus darstellen. Die

inhaltliche Aggregierung ist abhängig von der räumlichen Generalisierung, die nur Linienglättungen nach der Aggregierungsstufe 2 in der KA5 umfasst⁷. Diese Aggregierungsmethodik sollte so gewählt werden, so dass die Ergebnisse der Bodenfunktionsbewertung in „Kartenform im Zielmaßstab 1:5.000 - 1:10.000“ dargestellt sind.

Gruppierungsverfahren unterstützen den inhaltlichen Aggregierungsvorgang und bauen dann die Grundlage zur Erarbeitung inhaltlicher Ähnlichkeit zur Darstellung der Bodendecke in einer Karte.

⁷ Nach Aggregierungsstufe 2 der KA5 ist räumliche Zusammenfassung und Generalisierung im Sinne von Linienglättung, es werden i.d.R. keine Kleinstflächen unterdrückt.

4 Bewertung von Bodenfunktionen in der Bundesrepublik Deutschland

Dieser Abschnitt bietet eine Übersicht über den „Stand der Bodenfunktionsbewertung“ in Deutschland. Dazu werden die rechtlichen Regelungen zur Erhaltung von Bodenfunktionen und die Situation der Bodenfunktionsbewertung im Kap. 4.1 erklärt. Da die in den Großstädten angewandeten Bewertungsmethoden von Bodenfunktionen in ausgewählten Testgebieten in Berlin übergeprüft werden und das Ziel dieser Arbeit die Entwicklung eines allgemein anwendbaren Bodenbewertungssystems für Großstädte wie Berlin ist, werden die Datenverfügbarkeit und Anwendbarkeit der Bodenbewertungsverfahren in den Großstädten Berlin, Hamburg, München im Kap. 4.2 sowie die Bewertungsmethoden im Kap. 4.3 diskutiert.

4.1 Übersicht der Bodenfunktionsbewertung in Deutschland

4.1.1 Rechtliche Regelungen zur Erhaltung der Bewertung von Bodenfunktionen

Der Boden ist für die menschliche Existenz ebenso wichtig wie die Luft zum Atmen. Er liefert uns Nahrung (landwirtschaftliche Nutzung), Brenn- und Baumaterial (forstwirtschaftliche Nutzung) und seine Nutzungsmöglichkeit schränken wir durch die von uns errichteten Bauten (Wohnungs-, Straßen- und Industriebau) ein. So ist es nicht verwunderlich, dass die Menschen frühzeitig erkannten, dass der Boden und seine Nutzbarkeit, also seine Funktion(en) für uns nicht unerschöpflich ist, dass seine Fruchtbarkeit nachlassen und sogar verloren gehen kann, dass er zerstörbar ist. Gerade unter diesem Aspekt der landwirtschaftlichen Funktion entwickelten sich empirische Methoden zum Schutz, zur Pflege und zum Erhalt des Bodens, wie beispielsweise Düngung, Dreifelderwirtschaft, Brache.

Rechtliche Regelungen in Bezug auf den Boden laufen auf fiskalische Bewertungen hinaus. Hierzu gehört in Deutschland z.B. das Gesetz über die Schätzung des Kulturbodens vom 16.10.1934, auf dessen Grundlage die Reichsbodenschätzung (1936) erfolgte (HOCHFELD et al., 2004). Die umfangreichen, teilweise flächendeckenden land- und forstwirtschaftlichen Standortkartierungen in Deutschland lieferten ebenfalls eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Böden mit dem Ziel ihrer optimalen wirtschaftlichen Nutzung.

Der Gedanke, Boden und damit seine Funktionen für uns Menschen nicht nur zu nutzen, sondern auch zu schützen, fand in Deutschland erst relativ spät in rechtliche Regelungen Eingang, zunächst über den Umweltschutz und dabei speziell über Regelungen gegen die Belastung des Boden (und insbesondere des Grundwassers) mit Schadstoffen, nämlich erst 1985 mit der von der Bundesrepublik Deutschland vorgelegten Bodenschutzkonzeption⁸.

In der vorgelegten Bodenschutzkonzeption werden die verschiedenen Bodenfunktionen sowie Lösungsansätze zur Verminderung der Flächeninanspruchnahme genannt, z.B. die *„Prüfung von Alternativen bei Baumaßnahmen“* oder die Forderung nach einer *„ökologischen Bewertung“* bei der Umwandlung von Grünland in Ackerland (BUNDESMINISTER DES INNEREN 1985).

⁸ In der DDR existierte bereits seit 1970 ein Landeskulturgesetz.

Im Jahr 1992 folgte ein erster Referentenentwurf für ein Bodenschutzgesetz. Nach Abstimmung zwischen Bundestag und Bundesrat (in HOCHFELD et al., 2004: DEUTSCHER BUNDESTAG, 1996, 1997, 1998a, 1998b) wurde am 17. März 1998 das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) verabschiedet. Es trat zum 1. März 1999 in Kraft (in HOCHFELD et al., 2004: DEUTSCHER BUNDESTAG, 1998b). Beim Bundesbodenschutzgesetz handelt es sich um ein „Rahmengesetz“, das nur dann Anwendung findet, wenn andere (und zumeist vor ihm existierende) gesetzliche Regelungen *„Einwirkungen auf den Boden nicht regeln“* (§ 3 BBodSchG). Z.B. verfolgt das BBodSchG nicht nur die Ansätze des flächen- und des stoffbezogenen Bodenschutzes, sondern ergänzt sie durch weitere Aspekte wie den Schutz gegen mechanische Einwirkungen auf den Boden. So haben gegenüber dem Bundesbodenschutzgesetz beispielsweise das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, das Flurbereinigungsgesetz, das Verkehrswegerecht, das Bauplanungs- und Bauordnungsrecht, das Bundesberggesetz und das Bundesimmissionsschutzgesetz Vorrang, was jedoch keine negativen Auswirkungen auf den Bodenschutz hat, weil diese gesetzlichen Regelungen ihrerseits bereits den Bodenschutz enthalten. Als Beispiel hierfür sei § 1a BauGB genannt, in dem der *„sparsame und schonende“* Umgang mit dem Boden gefordert wird oder auch § 1a Abs.2 S.3 BauGB bei *„zu erwartenden Eingriffen in die Natur und Landschaft“* muss die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung angewendet werden. Ebenso klärt hier das BBodSchG, wann *„Schädliche Bodenveränderungen“* vorliegen (§2 Abs. 3 BBodSchG). Außerdem hat das BBodSchG eine konkretisierende Wirkung auf andere bodenschutzregelnde Gesetze und darauf, was unter dem Begriff „Boden“ zu verstehen ist (§2 Abs. 1 BBodSchG) und welche Bodenfunktionen zu schützen sind (§2 Abs. 2 BBodSchG).

Weitere gesetzliche Regelungen, die bodenverändernde Maßnahmen betreffen, sind u.a. festgelegt in dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) mit der Landschaftsplanung, in Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP), in Raumordnungs- und Regionalplänen (ROG).

Das Bundesbodenschutzgesetz definiert den Begriff „Boden“ und seine zu schützenden Aspekte, also die „Bodenfunktionen“ (§ 2 Abs.2 BBodSchG).

Die weitaus größte Anzahl bodenverändernder Maßnahmen sind in Deutschland über das Baurecht (BauGB) geregelt, wobei immer das BNatSchG sowie UVP berücksichtigt werden müssen. So fordert § 1a Abs.2 Nr.3 BauGB die *„Bewertung der (...) Auswirkungen eines Vorhabens (...) auf Menschen, Tiere und Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, Kulturgüter und sonstige Sachgüter“*. Werden wertvolle Böden trotzdem überbaut, ergibt sich ein Kompensationsbedarf, d.h. Ausgleich bzw. Ersatz muss zur Verfügung gestellt werden. Das bedeutet aber, dass die Böden vor und nach der Bebauung sowie die Kompensationsflächen hinsichtlich ihrer Bodenfunktionen bewertet werden müssen: Bodenfunktionsbewertungen bilden also die fachliche Grundlage der rechtlichen Bewertung von Boden verändernden Maßnahmen (HOCHFELD et al., 2004).

Daraus folgt, dass die Erarbeitung von fachgerechten und praktizierbaren „Verfahren für die Bewertung von Bodenfunktionen“ für den Schutz des Bodens von außerordentlicher Bedeutung ist.

Bisher gibt es in Deutschland keine „einheitlichen Bodenfunktionsbewertungen“ und auch keine rechtliche Verankerung der Bodenfunktionsbewertungen. Rechtliche Regelungen existieren nur auf Ebene der Bundesländer.

4.1.2 Situation der Bewertung von Bodenfunktionen

Die Bodenfunktionsbewertung in Deutschland ist allerdings durch eine langjährige Praxis deutlich verankert. Die Auswahl der zu bewertenden Bodenfunktionen und die Entwicklung ihrer Bewertungsmethoden in den Bundesländern und Städten sind abhängig von den Gegebenheiten und Bedürfnissen (DAVID et al., 2004). Dies führt zu der Vielfalt der Möglichkeiten zur Bewertung von Bodenfunktionen und damit zu methodischen Ansätzen von Bewertungsverfahren.

1936 erscheint die erste Form der funktionalen Bewertung, die als *“Reichsbodenschätzung“* bezeichnet wird. Bei dieser Bewertung wird eine *“fiskalische Bewertung“* für alle landwirtschaftlich genutzten Flächen erstellt. Gemäß dieses Bewertungs- oder Klassifikationssystems wird somit die Funktion als *“Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung“* in §2 Abs. 2 Nr. 3c BBodSchG bewertet (HOCHFELD et al., 2004).

Im Rahmen der Entwicklung der Bodenkunde als wissenschaftliche Disziplin bekam die Bewertung der Bodeneigenschaften große Bedeutung. So werden z.B. die wichtigen Hinweise insbesondere zur Beurteilung standortrelevanter Parameter von SCHLICHTING & BLUME (1966, 1995) gegeben. Die Bodenkundliche Kartieranleitung 1982 der Ad-hoc-AG Boden enthält auch die verschiedenen Methoden zur Integration oder Verknüpfung der bodenkundlichen Grundparameter zu komplexeren klassifizierten Parametern (vgl. Tab. 4). Aber bisher fehlen allen Bewertungsansätzen der deutliche Funktionsbezug und der planerische Bezug. Als weitere Entwicklung von Bodenbewertung erschienen in den achtziger Jahren einige Bewertungsansätze insbesondere für stoffliche Aspekte, z.B. die Bewertung der Puffer- und Filterleistung oder der Grundwasserneubildung (HOCHFELD et al., 2004).

Nach der Festlegung des Schutzgesetzes neben anderen im UVPG (DEUTSCHER BUNDESTAG, 1990) wurden für planerische Ziele zahlreiche Versuche zur funktionalen Bodenbewertung im Rahmen von Umweltverträglichkeitsuntersuchungen unternommen (HOCHFELD et al., 2004). Die „Bodenfunktionsdefinitionen“ wurden 1995 in der Verwaltungsvorschrift zum UVPG als Träger zur Bewertung der Leistungsfähigkeit natürlicher Bodenfunktionen beschrieben (UVPVwV, 1995, HOCHFELD et al., 2004, GRABOWSKY & SCHWANK, 2006).

Als erstes regelte das Umweltministerium des Landes Baden-Württemberg 1995 in einem *“Leitfaden für Planungs- und Gestaltungsverfahren“* für *“Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit“* zur Umsetzung seines 1991 verabschiedeten Landesbodenschutzgesetzes mit einem Verfahren zur Bodenfunktionsbewertung die Vorgehensweise (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG, 1995). Dieses „Bewertungssystem“ wurde zur Bewertung von landwirtschaftlich genutzten Flächen entwickelt und vor dem Erscheinen des BBodSchG veröffentlicht (DAVID ET AL., 2004). Im Jahr 2006 wurde auch vom Umweltministerium Baden-Württemberg eine *“Arbeitshilfe“* als Baustein *“Schutzgut Boden“* vorgelegt, die eine quantitative Methode zur Bewertung von Eingriffen und von Kompensationsmaßnahmen für das Schutzgut dargestellt (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG, 2006), so dass das 1995 entwickelte Bewertungssystem die Grundlage der Bewertung von Beeinträchtigungen des Bodens in seinen Funktionen darstellt. Weitere methodische

Ansätze zur Bewertung von Bodenfunktionen im Sinne des BBodSchG (1998) wurden von einigen Bundesländern, Städten bzw. Verbänden für „Planungsfragestellungen“ entwickelt. In folgenden werden die Bewertungsverfahren kurz beschrieben, die zum Thema „Bodenfunktionsbewertung“ bekannt sind:

- in **Nordrhein-Westfalen** erfolgt die Bewertung von Bodenfunktionen auf Grundlage der flächendeckenden Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen im Maßstab 1:50.000 (SCHRAPS & SCHREY, 1997), die im Jahr 2005 aktualisiert wurde (SCHREY, 2005). Hier werden Böden hinsichtlich ihrer Funktionen in Abhängigkeit vom Grad der Funktionserfüllung (Leistungsfähigkeit) bewertet (SCHREY, 2004). Diese Bewertung stellt die Grundlage zum Schutz des Bodens auf den verschiedenen Planungs- und Vollzugsebenen dar (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN, 2007).
- das erste Verfahren für Bodenbewertung im Land **Brandenburg** wurde 1998 zur Integration des Bodenschutzes in die Planung vorgelegt. Dabei liegt der Anwendungsmaßstab für die Planungsebenen zwischen 1:25.000 und größer (LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG, 1998). Dieses Verfahren beinhaltet die konkreten Anforderungen der Bewertung für den Bodenschutz (LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG, 2003).
- in **Sachsen-Anhalt** wurde im Jahr 1998 ein Bewertungsverfahren des Bodens zur Berücksichtigung des Schutzguts Boden in Abwägungsprozessen in der räumlichen Planung vorgelegt (LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT (LAU), 1998), in dem die Bodenbewertung der Funktionen auf vorhandener nichtkartierter Datengrundlage basiert. Die Bewertung basiert überwiegend auf Daten der Bodenschätzung im Maßstab 1:50.000. Das Bewertungsverfahren wird unter Berücksichtigung von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) empfohlene Auswahl von Bodenfunktionen in Planungsverfahren und der weiterentwickelten bodenkundlichen Datengrundlage entwickelt (LANDESAMT FÜR GEOLOGIE UND BERGWESSEN SACHSEN-ANHALT, 2006).
- Das Verfahren der Bodenbewertung in **Frankfurt/Main** wurde von Umlandverband Frankfurt 1998 als Teil eines Landschaftsplans entwickelt. Die Bewertung des Bodens wurde nach Bodenfunktionen, Bodenempfindlichkeiten und Bodenbelastungen im Maßstab 1:25.000 durchgeführt (UMLANDVERBAND FRANKFURT, 1998)
- Im **Hamburg** wurde bereits 1999 von der Umweltbehörde ein Verfahren für Bodenfunktionsbewertungen im Rahmen von Planungsprozessen entwickelt (GRÖNGRÖFT et al., 1999, 2001, HOCHFELD et al., 1999, FITTSCHEN & GRÖNGRÖFT, 2000). Das Bewertungsverfahren wurde im Jahr 2003 unter Einbeziehung neuer Erkenntnisse aus der Fachdiskussion (z.B. UMWELTBEHÖRDE HAMBURG, 2000) und einem Vergleich bestehender Bodenbewertungsverfahren (HOCHFELD et al., 2002) überarbeitet und neu aufgelegt (HOCHFELD et al., 2003, HOCHFELD, 2004). Dieses entwickelte Verfahren wurde für Bewertungen der Bodenfunktionen im Maßstab flächenscharfer Planungen in den urbanen Hamburger Räumen erarbeitet (HOCHFELD et al. 2002, STASCH, 2004). Somit ist dieses Verfahren zur Bewertung von natürlichen Böden und Böden mit unterschiedlichem anthropogenem Überprägungsgrad geeignet (DAVID et al., 2004).

- In **Bayern** wurde ein Bewertungsverfahren *“Leitfaden zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen“* vom bayerischen Geologischen Landesamt für die Integration des Schutzgutes Boden in die „räumliche Planung“ entwickelt (BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT, 2000, HOCHFELD, 2004). Der Anwendungsmaßstab dieses Verfahrens liegt bei 1:25.000 und größer. Nachfolgend hat das Bayerische Geologische Landesamt (GLA) in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Landesamt für Umweltschutz (LfU) das landesweite Bayerische Bewertungsverfahren *“Arbeitshilfe Boden in der Planung“* für ländliche und nicht für urbane, anthropogen überprägte Räume entwickelt (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT, 2003). Dieses Verfahren zeigt die Bewertung und Behandlung des Schutzguts Boden in den einzelnen Planungs- und Genehmigungsverfahren nach den Maßstabsebenen der räumlichen Planung⁹ sowie die wissenschaftlichen Methoden für eine aus bodenkundlichen Basisparametern abgeleiteten Bewertung auf (AUßENDORF & DANNER, 2003). Die Landeshauptstadt München hat im Rahmen des EU-geförderten Projekts TUSEC-IP (www.tusec-ip.org) gemeinsam mit Partner/innen aus dem Alpenraum ein Verfahren zur Bewertung der Bodenfunktionen in Stadtregionen für die räumliche Planung entwickelt und an Planungsbeispielen aus der Praxis erprobt (LEHMANN et al., 2006). Hierbei wurden zwei Anwendungsebenen unterschieden:
 - kleinmaßstäbige Ebene für Bebauungsplanung
 - großmaßstäbige Ebene, d.h. die gesamte Stadtfläche umfassend, für die Entwicklungs-, Flächennutzungs- und Landschaftsplanung.

Für die letztgenannte Planungsebene erarbeitet 2007 das Referat für Gesundheit und Umwelt der Landeshauptstadt München nach dem Verfahren TUSEC-IP einen *“Fachplan Boden“* als Bestandteil der Flächennutzungs- und Landschaftspläne in der Stadt München (GEITNER et al. 2007).

- Nach dem Erlassen des BBodSchG (1999) wurde die Lahmeyer International GmbH von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung **Berlin** beauftragt, die *“Bodenschutzkonzeption für das Land Berlin“* zu erarbeiten (LAHMEYER, 2000), denn die Voraussetzung für Bodenschutz ist die Kenntnis der Leistungsfähigkeit, Schutzwürdigkeit und Empfindlichkeit der Böden. Das Konzept des Bodenschutzes wurde erarbeitet zur Prüfung und Darstellung der Bodenfunktionen auf Basis der gegebenen Datengrundlage. Durch die Bewertung der Bodenfunktionen sollen schutzbedürftige Böden in Berlin erfasst werden. Das Berliner Bewertungsverfahren wurde 2001 auf der Basis der im Gutachten von Lahmeyer aufgeführten Verfahren in Flächendaten entwickelt und auf die ganze Stadtfläche übertragen (GERSTENBERG & SMETTAN, 2001). Dieses Verfahren wurde im Jahr 2005 aktualisiert und vervollständigt (GERSTENBERG & SMETTAN, 2005).
- in **Stuttgart** wurde das *“Bodenschutzkonzept Stuttgart“* entwickelt, so dass es dem Boden im Abwägungsprozess der Bauleitplanung einen gleichrangigen Stellenwert im Vergleich zu

⁹ In der Arbeitshilfe Boden werden folgende Maßstabsebenen der räumlichen Planung unterschieden (Bayerisches Landesamt für Umwelt und Bayerisches Geologisches Landesamt, 2003):

- Die regionale Maßstabsebene der überörtlichen vorbereitenden Planung: (Maßstabsebene ca. 1:100.000 bis 1:25.000).
- Die örtliche Maßstabsebene der vorbereitenden Planung (Maßstabsebene ca. 1:5 000 - 1:10 000)
- Die örtliche Maßstabsebene der verbindlichen Planung (Maßstabsebene > 1:5 000)

anderen Umweltmedien wie Luft oder Wasser verschafft (AMT FÜR UMWELTSCHUTZ STUTTGART, 2006). Mit diesem Konzept werden geeignete Methoden zur Verfügung gestellt, mit denen Aussage über die Bodenqualität vermittelt, die Inanspruchnahme der Böden bilanziert und Handlungsspielräume aufgezeigt werden können, um diese damit nutzbar zu machen (DAVID et al., 2004). Grundlage der Bewertung in diesem System ist eine Planungskarte der gesamten Stadtfläche Stuttgart, die die vorhandenen Böden klassifiziert. Dabei wurden verschiedene Bodenfunktionen bewertet.

- in **Niedersachsen** wurde die Möglichkeit vorgelegt, eine Bodenbewertung für Planungsstellungen auf Grundlage der im Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS) verfügbaren bodenkundlichen Daten durchführen zu können (MÜLLER, 1997). Im Fachinformationssystem (NIBIS) werden die bodenschutzrelevanten Daten bereitgehalten und die Auswertungsmethoden für Fragen des Bodenschutzes integriert. Hierdurch wird es möglich, die Bewertung auf unterschiedlicher Anwendungsebenen (Maßstäbe) durchzuführen (MÜLLER, 2004). Auf Basis der verfügbaren Informationsgrundlagen und der im System integrierten Methoden wurde das Verfahren von dem Niedersächsischen Landesamt für Ökologie in Zusammenarbeit mit dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung für die Bewertung der schutzwürdigen und schutzbedürftigen Böden von Niedersachsen entwickelt. Die Bewertung dieser Böden erfolgt auf Grundlage des Bodenschutzrechtes anhand der gesetzlich definierten Funktionen des Bodens. (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE UND BODENFORSCHUNG, 2003), im Jahr 2008 wurde das 2003 vom damaligen Niedersächsischen Landesamt für Ökologie entwickelten Bewertungsverfahren aktualisiert und neu aufgelegt, in dem die schutzwürdigen Böden von Niedersachsen im Rahmen von Planungs- und Genehmigungsverfahren dargestellt, klassifiziert und bewertet werden. Die Bodenbewertung basiert auf Bodeninformationen, die in unterschiedlichen Maßstäben im Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS) vorliegen. Außerdem schlägt dieses Bewertungsverfahren vor, die besonders schutzwürdigen Böden nach ihrer funktionsbezogenen Bewertung regelmäßig im Abwägungsprozess zu berücksichtigen (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE, 2008)
- In **Hessen und Rheinland-Pfalz** wird ein Bewertungsverfahren *“Bodenfunktionsbezogene Auswertung von Bodenschätzungsdaten“* von den Geologischen Diensten von Hessen und Rheinland-Pfalz entwickelt, um großmaßstäbige Bodenfunktionskarten (Maßstab 1:2.000 bis 1:5.000) zum Bodenschutz für beide Bundesländer zur Verfügung zu stellen. Die Daten der Bodenschätzung, die seit 1934 bundesweit einheitlich für die landwirtschaftliche Nutzfläche erhoben werden, und die Informationen der Bodenkartierung stellen die Grundlage für Bodenbewertung in diesem Verfahren dar (MILLER et al., 2005). Ein Verfahren für die Bewertung der Bodenfunktionen wurde auch vom Landesamt für Geologie und Bergbau sowie vom Landesamt für Umwelt in **Rheinland-Pfalz** auf Grundlage der BK 50 mit bereits in anderen Bundesländern bewährten oder teilweise modifizierten Methoden zu Bodenfunktionen entwickelt. Dieses Verfahren bietet eine Grundlage zur Berücksichtigung der Bodenschutzbelange in zukünftigen Planungs- und Gestattungsverfahren und somit die Maßnahmen zur Sicherung der Bodenfunktionen (Vermeidungs-, Minimierungs- und

- Kompensationsmaßnahmen) zu gestalten (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN RHEINLAND-PFALZ, 2005).
- In **Sachsen** wird ein Bewertungsverfahren *“Bewertungsinstrument“* zur Umsetzung von Bodenschutzanforderungen in Planungs- und Genehmigungsverfahren vorgelegt. Dabei bietet dieses Verfahren methodische Vorschläge für die Bewertung von Bodenfunktionen unter Berücksichtigung der Bodenschutzbelange in sämtlichen räumlichen Planungen sowie Fachplanungen. Die Bewertung wird auf Basis von kartierten Daten und der Bodenschätzung und forstlicher Standortkartierung durchgeführt (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE, 2000). Die Erweiterung dieses Verfahren ist erforderlich, so dass es für weitere Bewertungen aktualisiert und ergänzt wird. Das weiterentwickelte Verfahren bietet neben der Beschreibung der einzelnen - bereits in anderen Bundesländern bewährten oder teilweise modifizierten - Bewertungsmethoden Empfehlungen zur Vorgehensweise und zum Ablaufschema der Bewertung (Abgrenzung des Bewertungsraums, Vorbelastung, Bodenteilfunktionen, Empfindlichkeit) sowie zu einer Gesamtbewertung der Bodenfunktionen für Fragestellungen der Fachplanungen wie z.B. Landschaftsplanung oder Flurneuordnung (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE, 2005).
 - Für das Gebiet des **Kreises Steinfurt**, Bochum, wurde im Januar 2008 die *„Bodenfunktions-, Eingriffs- und Kompensationsbewertung für den Kreis Steinfurt“* vorgelegt, um dem vorsorgenden Bodenschutz auf der kommunalen Planungsebene ein größeres und damit ein den rechtlichen Rahmenbedingungen entsprechendes Gewicht zu geben. Mit dieser Arbeitshilfe werden die wissenschaftlich fundierte und gerechte und auf das Kreisgebiet angepasste bodenspezifische Bewertung des jeweiligen bodenrelevanten Eingriffs durchgeführt sowie Kompensationsbedarfe ermittelt und geeignete Kompensationsmaßnahmen aufgezeigt und dargestellt. Gleichzeitig bietet diese Arbeitshilfe die Möglichkeit, die geplanten und durchgeführten Maßnahmen im Eingriffs- und Kompensationsbereich für die unteren Umweltschutzbehörden zu beurteilen und zu bewerten. (MEUSER, UMWELTAMT KREIS STEINFURT, 2008).

Wegen der Vielzahl an Methoden zur Bodenfunktionsbewertung und Bewertungskriterien in Deutschland, die auf Grundlage der unterschiedlichen Datengrundlage im großen Interpretationsspielraum angewendet werden, werden in den Ländern sehr unterschiedliche Konzepte und Herangehensweisen zur Beschreibung und Bewertung der Bodenfunktionen entwickelt. Aus dieser Situation resultiert die Notwendigkeit, verfügbare methodische Bewertungsansätze zu dokumentieren und zu beschreiben (AD-HOC-AG BODEN, 2007).

Eine erste „Erfassung von Methoden der Bodenfunktionsbewertung“ wird im Jahr 2001 durch die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) erarbeitet, die zeigte, dass die dokumentierten Bewertungsmethoden in Ansatz und Endaussage zu unterschiedlich waren, vor allem um gebiets- und länderübergreifende Auswertungen zuzulassen. Als Konsequenz daraus wurde die Ad-hoc-AG Boden von dem Bund-Länder-Ausschuss Bodenforschung (BLA-GEO) beauftragt, einen Vorschlag für alle verschiedenen Bodenbewertungsmethoden zusammenzufassen. Dabei werden im Sinne des BBodSchG alle gebräuchlichen Verfahren zur Bodenfunktionsbewertung in Deutschland im von der

Ad-hoc-AG Boden des Bund-Länder-Ausschusses Bodenforschung (BLA-GEO) entwickelten und fortgeschrieben *“Methodenkatalog“* dokumentiert und hinsichtlich ihres Datenbedarfs und der länderübergreifenden Verwendbarkeit bewertet (AD-HOC-AG BODEN, 2003). Darüber hinaus deckt dieser Katalog als Methodenübersicht die Defizite auf, die die Verfügbarkeit bodenkundlicher Datengrundlagen in allen relevanten Maßstäben ebenso wie die Vergleichbarkeit und Aussageschärfe der verfügbaren Bewertungsmethoden als solche betreffen (AD-HOC-AG BODEN, 2007).

Parallel zu den Arbeiten am *“Methodenkatalog“* der Ad-hoc-AG Boden wurde im Auftrag der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) und des Personalkreises der geologischen Dienste die *“Zusammenfassung und Strukturierung von relevanten Methoden und Verfahren zur Klassifikation und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit“* erarbeitet (LAMBRECHT et al., 2003), in der die verschiedenen methodischen Ansätze von Bodenbewertungsverfahren nach der numerischen Systematik des Methodenkataloges vorgestellt werden, ohne jedoch Empfehlungen zur Eignung der einzelnen Methoden auszusprechen (HOCHFELD et al., 2004, AD-HOC-AG BODEN, 2007). In einem Forschungsvorhaben wurde 1999 auch eine Studie des Bundesamtes für Naturschutz mit dem Ziel der Wiederherstellung von Bodenfunktionen im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffregelung erarbeitet (BfN, 2000).

Zwischen den oben geschriebenen Verfahren zur Bodenfunktionsbewertung können zum einen die Unterschiede eindeutig beobachtet werden, die sich vor allem aus der Verwendung unterschiedlicher Datengrundlagen in den Ländern ergeben. Zum anderen zeigen alle entwickelten Verfahren die noch nicht abgeschlossene Diskussion um die „richtige Methode“ für Bewertung von Bodenfunktionen. Die regionalen Unterschiede der Bundesländer verursachen hier Unterschiede in der Bewertungsmethodik und daher keine Vereinheitlichung der Bewertungsverfahren auf Bundesebene (HOCHFELD et al., 2002)

Die in den Bundesländern und Städten durchgeführten Bodenbewertungen gemäß dieser Verfahren basieren auf unterschiedlichen Bodendaten, das sind sowohl Daten der Bodenkartierung (z.B. Bodenaufnahme nach Bodenkundlichen Kartieranleitungen der Ad-hoc-AG Boden) als auch Daten der Bodenschätzung (z.B. Bodenschätzung für landwirtschaftlich genutzte Fläche auf der Basis der Bodenkartenauswertung) oder die forstliche Standortkartierung.

Fazit

1) Der Bodenschutz ist gesetzlich fest verankert, insbesondere im Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG), Baugesetzbuch (BauGB), Raumordnungsgesetz (ROG), Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und in den jeweiligen Gesetzen der Bundesländer. Dieser Bodenschutz beinhaltet z.B. gemäß §1 BBodSchG einen vorsorgenden („Funktionen sichern“) und einen nachsorgenden Aspekt („Funktionen wiederherzustellen“), so dass das Schutzziele nicht die Böden an sich sind, sondern ihre Funktionsfähigkeit (Leistungsfähigkeit der Böden).

Zur Operationalisierung von Bodenbewertungen sind „Bewertungsverfahren“ erforderlich. Diese strukturieren und reglementieren zum einen Bewertungsvorgänge sowohl formal als auch inhaltlich. Auch sollen sie die Akzeptanz der Ergebnisse (z.B. in Bodenschutz- und Planungsprozessen) durch die Gesellschaft herbeiführen bzw. verbessern. Somit ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Bodenbewertung als Instrument des Bodenschutzes weitgehend abhängig von der „Zielsetzung des Bodenschutzes“ und seinen „rechtlichen Rahmenbedingungen“.

2) Grundlage jedes Bewertungsverfahrens sind „eindeutige Vorschriften“, in denen bestimmten Zuständen oder Entwicklungen Wertprädikate zugewiesen werden. aber das BBodSchG hat kein eigenes Instrument zur umfassenden Durchführung seiner Ziele in der Bodenbewertung für den Bodenschutz. Dieses Gesetz nennt die acht Bodenfunktionen, gibt aber inhaltlich keine „exakten Definitionen“ durch quantifizierbare Kriterien. Deshalb ist üblich, den Interpretationsspielraum zu nutzen und die Begriffe je nach Zielstellungen mit Inhalten zu füllen. Welche Kriterien und Eingangsparameter gewählt werden, hängt vom „Ziel der Bewertung“ und der „Datengrundlage“ in den einzelnen Bundesländern ab.

4.2 Datenverfügbarkeit und Anwendbarkeit der Bodenbewertungsmethoden

Voraussetzung für die praktische Anwendung der verschiedenen Bodenbewertungsmethoden sind geeignete Datengrundlagen. Für eine möglichst breite und im Aufwand begrenzte Anwendung sind dabei die regelmäßig verfügbaren Datengrundlagen von großer Wichtigkeit.

In Deutschland ist die Auswahl und Anwendbarkeit von Verfahren zur Bodenfunktionsbewertung eng an die vorhandenen bodenkundlichen Datengrundlagen gekoppelt. Die entsprechenden Planungsebenen weisen auch eine unterschiedliche Genauigkeit auf. Somit ist es insgesamt sinnvoll und erforderlich, die Datenverfügbarkeit entsprechend der oberen, mittleren und unteren Planungsebene zu unterscheiden. Die Verbindlichkeit dieser Planungsebenen ist in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich (STASCH, 2004).

In Deutschland hat die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) festgestellt, dass die Datenverfügbarkeit zur Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren in den folgenden Planungsebenen dargestellt werden (LAMBRECHT et al., 2003):

- obere Planungsebene mit Maßstäben 1:100.000 und kleiner,

- mittlere Planungsebene im Maßstabsbereich 1:25.000 bis 50.000,
- untere Planungsebene mit Maßstäben 1:10.000 und größer.

Die Prüfung der Datenverfügbarkeit in den drei Bundesstädten Berlin, Hamburg und München zeigt Unterschiede in der Bereitstellung von Datengrundlage zur Bewertung von Bodenfunktionen auf den verschiedenen Planungs- bzw. Maßstabsebenen¹⁰, obwohl Bodenkartierungen in den drei Bundesstädten durchgeführt worden sind. Sowohl die Maßstabsebene als auch die Fragestellungen der Bodenkartierungen zur Bodenbewertung variieren sehr stark. Zum anderen erfolgt die Aufbereitung von Datengrundlagen und somit die Bodenbewertung teilweise auf Grundlage der Bodenschätzung. Darüber hinaus wird deutlich, dass die aus diesen ableitbaren, in den bodenkundlichen Datengrundlagen dargestellten, Parameter auf mittleren oder größeren Maßstabsebenen in Bodenfunktionskarten dargestellt werden können¹¹. In Tab. 7 (siehe Anlagen) sind die Anwendbarkeit der Bodenbewertungsmethoden für den Raum der drei Städte auf Grundlage der Bodendatenverfügbarkeit aus den durchgeführten Stadtbodenkartierungen in diesen Städten bzw. Teilgebiete im Einzelnen dargestellt.

In der Stadt **Hamburg** wurde das Bewertungsverfahren 2003 entwickelt, um Böden der Stadt Hamburg für die Maßstabsebene $\geq 1:10.000$ zu bewerten. Dieses entwickelte Verfahren entspricht der unteren Planungsebene. Für die Stadt **München** wurde in 2007 ein modifiziertes Verfahren zur Bewertung von Bodenfunktionen vorgelegt. Es bewertet die Bodenfunktionen in der unteren Planungsebene (Maßstab 1:10.000 und größer). Auf der unteren Planungsebene (Maßstab $\geq 1:10.000$) sind für die Stadt **Berlin** keine Bewertung und Bodenfunktionskarten vorhanden.

Entsprechend der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit sind bodenkundlichen Datengrundlagen auf der unteren Planungsebene der Bodenfunktionsmethoden von besonderer Bedeutung, um auch für Berlin eine Bodenbewertung und Bodenfunktionskarten auf der unteren Planungsebene herstellen zu können.

4.3 Verfahren und Kriterien zur Bewertung der Bodenfunktionen

In der vorliegenden Arbeit werden die in den drei Berliner Testgebieten angewendeten Bewertungsmethoden der Bodenfunktionen erläutert und diskutiert. Hier werden die detaillierten Erläuterungen zur Methode zu den einzelnen Teilfunktionen beschrieben. Dabei wird das Berliner Verfahren von 2006 gleichwertig neben dem Hamburger Verfahren von 2003 und dem bayerischen Verfahren von 2007 umrissen und die erforderlichen Kriterien/Methoden und die erforderlichen Eingangsparameter/Kennwerte zur Beschreibung von Teilfunktionen erklärt. Diese Erläuterungen von Bewertungsverfahren bildet die wesentliche Grundlage der praktischen Anwendung von großmaßstäbiger Bodenfunktionsbewertung.

¹⁰ Die Prüfung der Datenverfügbarkeit in den drei Bundesstädten wurde hier auf der Grundlage der verfügbaren Daten und Karten sowie der Beschreibung der Aufbereitung von vorhandenen Datengrundlagen der Bewertungsverfahren durchgeführt.

¹¹ Die kartographischen Grundlagen wie inhaltliche Aggregation und die räumliche Generalisierung wurden vielleicht hier bei der Darstellung der Bewertungsergebnisse in den Karten nicht berücksichtigt.

Die zu bewertenden Funktionen bzw. Kriterien, die Datengrundlage sowie die Methodik für die Bodenbewertungen in den drei Städten sind oft entsprechend den Gegebenheiten und Bedürfnissen gewählt worden. Aus der Vielzahl der Möglichkeiten zur Bewertung von Bodenfunktionen und damit von Böden werden dabei jeweils verschiedene Methoden zur Bodenfunktionsbewertung mit 37 Einzelmethode betrachtet. Diese Methoden sind im Einzelnen:

1. das Berliner Gutachten *“Erstellung von Karten zur Bewertung der Bodenfunktionen“*, (unveröff.) (GERSTENBERG & SMETTAN, SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG DER STADT BERLIN, 2005, Stand 31.01.2008) (Methodekürzel „BE“).

2. der Endbericht *“Großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung für Hamburger Böden“*, Verfahrensbeschreibung und Begründung (HOCHFELD et al., BEHÖRDE FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT, November 2003) (Methodekürzel „HH“)

3. der Abschlussbericht des Projekts KATI (Konkrete Anwendung von TUSEC-IP) *“Fachplan Boden der Landeshauptstadt München“*, Bewertung natürlicher Bodenfunktionen. -Textliche Erläuterungen - (unveröff.), (GEITNER et al., REFERAT FÜR GESUNDHEIT UND UMWELT DER LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN, 2007) (Methodekürzel „MN“)

Der Anwendungsbereich und Maßstabsbereich der verglichen Methoden lässt sich folgendermaßen beschreiben:

Die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin bietet das **„Berliner (BE) Verfahren“** zur Bewertung von Bodenfunktionen an, das überwiegend auf der Umsetzung der im Gutachten von LAHMEYER (2000) aufgeführten Verfahren basiert. Diese Methode ist speziell für das Land Berlin ausgelegt, mit dem Ziel, die Bodenfunktionsbewertung für die gesamte Stadtfläche zu realisieren. Dabei wurde die Leistungsfähigkeit der Berliner Böden für Fragestellungen des Bodenschutzes bewertet. Damit die Bodenfunktionen nach diesem Verfahren dargestellt und bewertet werden können, sind jeweils geeignete Bewertungskriterien erforderlich. Die Kriterien für die Bewertung der Bodenfunktionen wurden dem LAHMEYER-Konzept entnommen, teilweise modifiziert und weiter entwickelt. In diesem Verfahren wird die bodenkundliche Datengrundlage nach den Grundlagen der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Ad-hoc-AG Boden 1994 „KA4“) bewertet und eingestuft (GERSTENBERG & SMETTAN, 2005). Die Ergebnisse der Funktionsbewertung mittels Teilfunktionen wurden auf der Maßstabsebene 1:50.000 in fünf Bodenfunktionskarten dargestellt.

Das von HOCHFELD et al. (2003) entwickelte **„Hamburger (HH) Verfahren“** wurde für die Bodenfunktionsbewertung im Gebiet der Stadt Hamburg erarbeitet. Das Verfahren ist bisher für eine Maßstabsebene 1:10.000 und größer konzipiert, also für die Planungsebene konkreter Maßnahmen. Das Verfahren wurde entwickelt, um im Gebiet der Stadt Hamburg im Rahmen raumbeanspruchender Planungen das Schutzgut Boden angemessen berücksichtigen zu können. Das Verfahren bezieht sich hierbei insbesondere auf die Bauleitplanung (fachliche Abwägung, Eingriffsregelung) und die Umweltverträglichkeitsprüfung, und ist vom Differenzierungsgrad so konzipiert, dass eine großmaßstäbige, hochauflösende Bewertung möglich ist. Insbesondere, wenn von den Planungen Flächen mit potentiell schutzwürdigen Böden betroffen sind, soll eine Bodenfunktionsbewertung auf der Basis

dieses Verfahrens durchgeführt werden. Die im BBodSchG aufgeführten Bodenfunktionen werden in 11 Teilfunktionen aufgeteilt und jede für sich bewertet (HOCHFELD et al. 2003, STASCH, 2004).

Mit dem bereits genannten *“Fachplan Boden“* als Bestandteil des Flächennutzungsplans wurde das **„Münchner (MN) Verfahren“** (GEITNER et al. 2007) geschaffen, wobei sich die Schutzwürdigkeit aus dem Grad der Erfüllung der im deutschen BBodSchG genannten und im Fachplan Boden bewerteten Funktionen ergibt. Die Ergebnisse der Bewertung dieser Funktionen sind in Kartenform im Zielmaßstab 1:25.000 dargestellt. Für die Bewertung von Bodenfunktionen in München kamen die modifizierten Bewertungsverfahren in diesem Fachplan Boden von TUSEC-IP 2006 und BayGLA 2003 zur Anwendung. Zusätzlich wurden Anregungen aus anderen Verfahren entnommen:

- **Das modifizierte Bewertungsverfahren im Fachplan Boden aus TUSEC-IP (2006):**
Die Erkenntnisse bezüglich der Bewertung zur Bodenfunktion aus TUSEC-IP finden in München ihre Anwendung sowohl in der Bauleitplanung (Bebauungs- und Flächennutzungspläne) als auch bei der Bewertung von Umweltauswirkungen im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen. Somit werden die Bodenfunktionen in der Stadt München in zwei Maßstabsebenen bewertet:
A-Level: die Bodenfunktionen werden hier für die detaillierte Planungsebene bewertet, der entsprechende Maßstabsbereich liegt bei 1:500 bis 1:5000.
B-Level: die Bodenfunktionen werden hier für Planungsverfahren im Maßstabsbereich 1:10.000 bis 1:100.000 bewertet.
- **Das modifizierte Bewertungsverfahren im Fachplan Boden aus BayGLA (2003):**
Von dem Bayerischen Geologischen Landesamt (BayGLA) wurde im Jahre 2003 die Arbeitshilfe *“das Schutzgut Boden in der Planung“* (BAYGLA 2003) herausgegeben. Sie bietet eine Hilfestellung für die Bewertung der Bodenfunktionen. Einige dieser Bewertungsalgorithmen wurden - teilweise unverändert, teilweise modifiziert - zur Bewertung von Bodenfunktionen in München eingesetzt.

Die Unterschiede zwischen den Bewertungsverfahren in den Städten Hamburg, München und Berlin, die nach dem obersten Ziel dieser Arbeit in den Testgebieten erprobt werden, werden auf der Grundlage des praxisnahen Vergleichs in Kap. 9 dargestellt.

Im Nachfolgenden werden die Bodenfunktionen aus dem BBodSchG in einzelne Funktionsbereiche untergliedert, die ihrerseits über die benannten Kriterien erfasst werden können.

Die Tab. 8 (siehe Anlagen) verdeutlicht diesen hierarchischen Aufbau und zeigt für die einzelnen Bodenfunktionen die vorgeschlagenen Bewertungskriterien anhand der drei Bewertungsverfahren in den Bundesstädten Berlin, Hamburg und München. Die Tab. 9 (siehe Anlagen) knüpft als Fortsetzung an die Tab. 8 an, indem hier für die abgeleitete Bodeneingangsparameter (vorletzte Spalte der Tab. 8) die Methoden benannt werden, die zu deren Erfassung herangezogen werden können. In Tab. 10 (siehe Anlagen) werden die Eingangsparameter dargestellt, die bei der Bewertung der einzelnen Teilfunktion benötigt werden.

An die genannten Methoden zur Ableitung der Eingangsparameter schließt sich eine Auswertung an, in der die Anzahl der Nennungen für die einzelnen Parameter ermittelt wird. Dies geschieht mit dem Ziel, darzustellen, welche Bedeutung die genannten Parameter zur Beschreibung der Bodenfunktionen besitzt. Dabei wird davon ausgegangen, dass häufig genannte Parameter eine höhere Bedeutung aufweisen als Parameter, die nur einmal benötigt werden. Als Ergebnis dieser Auswertung in Tab. 11 lässt sich feststellen, dass besondere häufige Parameter benötigt werden, die mit dem Wasserhaushalt, dem Bodentyp bzw. der Bodenart, dem pH-Wert sowie mit dem Humusgehalt bzw. Humusform in Verbindung stehen. Es wird davon ausgegangen, dass die soeben genannten Parameter in besonderem Maße zur Bewertung der Bodenfunktionen beitragen¹².

Tab. 11: Zusammenstellung der häufigen genannten Eingangsparameter zur Bewertung der verschiedenen Bodenfunktionen

(Quelle: eigene Darstellung)

Eingangsparameter	Anzahl der Nennung
Wasserhaushalt nutzbare (FK) des effektiven Wurzelraums Durchlässigkeitswert (kf-Wert), Grundwasserflurabstand	18
Bodenart, Tongehalt, Horizontabfolge	16
Humusgehalt/Humusform	7
pH-Wert	6
Nutzungsform	5
Lagerungsdichte	3
Profilmächtigkeit	3
Potenziale Kationenaustauschkapazität ($KAK_{pot.}$) Effektive Kationenaustauschkapazität ($KAK_{eff.}$)	3
Naturnähe	2
Schadstoffgehalt	2
Regionale Seltenheit der Bodengesellschaft	1
Luftkapazität	1
Verdichtung	1
Versiegelung	1

¹² Dabei sind sich die Gutachter der Tatsache bewusst, dass die Häufigkeit der Nennungen nicht pauschal gleichzusetzen ist mit der Bedeutung der Eingangsparameter. Wichtig ist z.B. auch, in welchem Ausmaß die einzelnen Parameter zur Bewertung der Bodenfunktionen beitragen. So lässt sich z.B. feststellen, dass die Bodenart einen größeren Einfluss auf die mechanischen Filtereigenschaften eines Bodens ausübt als die Lagerungsdichte, die ebenfalls in diesem Zusammenhang genannt wird. Dennoch kann über die Betrachtung der Anzahl der Nennungen ein erstes Bild von der Bedeutung einzelner Parameter gewonnen werden.

5 Datengrundlagen und Methoden

Die Anwendung der Bewertungsmethoden erfordert im Wesentlichen eine gute oder ausreichende „Daten- und Informationsgrundlage“, die eine Beurteilung der Verbreitung, der Eigenschaften und der Funktionen des Bodens ermöglicht.

Im Kap. 6 wird die Erfassung von benötigten Bodendaten im Gelände und ergänzenden Analysen im Labor und deren Auswertungen diskutiert.

5.1 Vorliegende Daten und ihre Auswertung

Vor der eigentlichen Erhebung der Bodendaten im Gelände wurden alle potenziell bewertungsrelevanten Datengrundlagen für die Testgebiete zusammengestellt, die in der Stadt Berlin (digital und analog) verfügbar sind. Dies diente zum einen der Ableitung erster bodenkundlich relevanter Informationen, zum anderen der allgemeinen Charakterisierung der Testflächen und ermöglichte eine rationelle Planung der Arbeiten im Gelände. Prinzipiell liegen Daten für Stadtböden in Berlin in sehr unterschiedlicher Qualität vor, was maßgeblichen Einfluss auf die Aussagekraft der Daten hat. Für eine weitgehend flächendeckende Bewertung sollten alle vorhandenen Daten bei der „Bodenerhebung“ und der „Interpretation der Bewertungsergebnisse“ von Bodenfunktionen berücksichtigt werden. Dies sind z.B. Luftbilder, topographische, geologische und bodenkundliche Karten.

Folgende Daten stehen für das Testgebiet „**Natur- und Landschaftspark Johannisthal**“ aus unterschiedlichen Quellen zur Verfügung:

- Luftbilder (Stand August 2004), im Maßstab 1:10.000, nicht georeferenziert und nicht entzerrt: dienten als Grundlage der Bodenerhebung (Bodenaufnahme), um eine optimale Orientierung im Gelände zu gewährleisten, und die gewünschten Bohrpunkte und die gegrabenen Profile eindeutig zu lokalisieren.
- Color-Infrarot Luftbilder (Stand 2005), im Maßstab 1:5.000: Die Auswertung dieser Luftbilder ermöglicht eine gute Beurteilung der Bodenfeuchte in Abhängigkeit von der Vegetationsbedeckung.
- Topographische Karte von Berlin 2002, Blatt 402, im Maßstab 1:10.000 und
- Topographische Karte von Berlin 2003, Blatt 402 a u. b, im Maßstab 1:5.000 (digital): diese Karten sind die Grundlage für flächenhafte Kartierungen.
- Geologische Karte von Berlin im Maßstab 1:25.000 (Blatt 3547 Köpenick). Die geologische Karte wies leider nicht immer die gewünschte Genauigkeit, besonders hinsichtlich der quartären Deckschichten auf, welche für die Bodenbildung von enormer Bedeutung sind.
- Geologische Skizze von Berlin (2007) im Maßstab 1:50.000, diese Karte bietet durch ihre geologischen Profile einen Überblick über die Lagerungsverhältnisse des Ausgangsgesteins.
- Eine Reihe von schwarzweiß-Luftbildern aus den Jahren 1944 und 1945, im Maßstab 1:10.000, 1:4.000 (Teilflächen), deren Auswertung einen Überblick über die teilweise intensiv genutzten Flächen nach dem 2. Weltkrieg und die gegenwärtige Nutzung als Natur- und Landschaftsgebiet ermöglicht.

- Eine Karte der Grundwasserhöhen des Hauptgrundwasserleiters (Ausschnitt von der Karte von Berlin 2008, im Maßstab 1:50.000), der aus Sanden und Kiesen aufgebaut ist. Diese Karte ermöglicht dadurch einen Überblick über die potenziellen Bodentypen, die durch Speicherung und Bewegung von Grundwasser entstehen können.
- Eine Vegetationskarte (Karte der Vegetationsarten Johannisthal 1994, im Maßstab ca. 1:2.000), die einen Überblick über Bodentypen bietet, weil die Vegetationsarten ziemlich gut die Bodentypen widerspiegeln.
- Karte der Biotoptypen des ehemaligen Flugplatzes Adlershof 2006 (Natur- und Landschaftspark Johannisthal) im Maßstab 1:2.000, Die Biotoptypenkarte liefert wesentlich genauere und vor allem anhand der Beschreibungen von Lebensräume eindeutig lokalisierbare Informationen.
- Klimadaten (die Angaben von Klimastationen in Berlin und die Daten des Deutschen Wetterdienstes DWD; 2006 und Daten aus dem Klima- Messgarten des Geographischen Instituts der HU Berlin; 2006, 2007 und teilweise 2008); im Zusammenhang mit der Bodenbewertung waren vor allem Angaben zu den Niederschlagsverhältnisse relevant.
- Karten „reale Flächennutzung der bebauten Flächen und „Grün- und Freiflächenbestand“ (im Maßstab 1:50.000) aus dem Umweltatlas Berlin 2004; diese Karten zeigen die reale Nutzung der bebauten Flächen und den Grün- und Freiflächenbestand. Die Bebauung der Flächen (z.B. Versiegelung) geht mit einer Verminderung der natürlichen Bodenfunktionen einher. Im Testgebiet erfolgte eine Abschätzung des Versiegelungsgrad auf Basis von Flächennutzungskarten und teilweise auf der Basis von aktuellen Luftbildern (GOOGLEEARTH 2005, 2006, 2007 und 2008), um die Differenzierung der Nutzungen und die aktuellen Nutzungsformen zu bewerten.

Für das Testgebiet „**Flughafen Tempelhof**“ liegen folgende Daten vor:

- Luftbilder (Stand August 2004), im Maßstab 1:10.000, nicht georeferenziert und nicht entzerrt: diese Luftbilder waren zur besseren Orientierung im Testgebiet notwendig.
- Historische Luftbilder: Für die Stadt Berlin existieren zahlreiche historische schwarzweiß-Luftbilder aus den Jahren 1944, 1945 und 1989, im Maßstab 1:10.000, 1:4.000 (Teilflächen). Die Auswertung diese Luftbilder zeigt die bauliche Entwicklung und anzunehmende Bodenüberprägungen durch menschliche Aktivitäten und sie lässt Rückschlüsse auf mögliche Kriegsschäden (Kriegschutt und Verteilung der Zerstörungen) zu.
- Color-Infrarot Bilder (Stand 2005), im Maßstab 1:5.000: Die Interpretation dieser Luftbilder führt zur Ableitung von unterschiedlichen Feuchteverhältnisse des Bodens anhand der Helligkeit der Vegetation.
- Topographische Karte¹³ von Berlin 2001, Blatt 413, im Maßstab 1:10.000 und topographische Karte von Berlin 2003, Blatt a, b, c, im Maßstab 1:5.000 (digital): Diese Karten sind als Hintergrund zur leichteren Orientierung im Gelände zu verwenden sowie für die Planung der Kartierung.

¹³ Die topographischen Karten sind im Rahmen der Bewertung von Berliner Böden oder auch in der Datenbank der Böden als „Hintergrundbild“ zur leichteren Orientierung, denn als inhaltliche Datenquelle zu verwenden. Sie erlauben lediglich die grobe Abgrenzung von besiedelten Bereichen und Freiflächen, lassen dabei in der Regel aber kaum Rückschlüsse auf die jeweilige Nutzungsform zu. In einzelnen Regionen mit kaum ausgeprägten Reliefunterschieden könnten Höheninformationen aus den Isohypsen der topographischen Karte abgeleitet werden, was allerdings für Berlin weniger von Bedeutung ist..

- Historische geologische Karten von Berlin im Maßstab 1:25.000 Blatt Tempelhof und die geologische Karte von Berlin 1991, im Maßstab 1:10.000 (Blatt 413): Diese Karten ergänzen gut die Informationen zu den Ausgangsmaterialien des Bodens.
- Nutzungsplan des Flughafens Tempelhof von der Berliner Flughafengesellschaft: ist hilfreich für Geländearbeitsplanung und er bietet einen Überblick über menschliche Aktivitäten.
- Klimadaten (Deutschen Wetterdienstes DWD; 2006), die Abschätzung von detaillierten Klimaangaben führen zur Herleitung wichtiger Kriterien für die Bodenbewertung z.B. für die Funktion Wasserhaushalt.

Folgende Daten stehen für das Testgebiet „**Tiefwerder Wiesen**“ zur Verfügung:

- Topographische Karte von Berlin 1999, Blatt 425, im Maßstab 1:10.000 und
- Topographische Karte von Berlin 2005, Blatt 425 d, im Maßstab 1:10.000
- Geologische Karte von Berlin 1991, Blatt 425, im Maßstab 1:10.000.
- Die topographischen und geologischen Karten wurden hier als Grundkarte benutzt.
- Eine Reihe von thematischen Karten des Gebiets Pichelswerder/Tiefwerder Wiese innerhalb des Bezirkes Spandau, im Maßstab 1:5.000: Diese Karten wurden 2003 und 2006 im Rahmen einer Untersuchung für Unterschutzstellung in diesem Gebiet im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin hergestellt. Diese Karten sind: Karte der Maßnahmenhinweise 2003, Altlasten 2003, Nutzung 2003, Biotypen 2007 und FFH-Karte 2007. Diese Karte bieten wichtige Interpretationen vor allem bei Ableitung der von unterschiedlichen Nutzungen abhängigen Parameter.

Folgende Quellen beinhalten „zusätzliche Bodendaten“, die zwar nicht unmittelbar in die Bewertung der drei Testgebieten einfließen, aber zumindest für Vergleichszwecke Verwendung fanden:

- Bodenfunktionskarten (Umweltatlas Berlin im Maßstab 1:50.000, Stand 2006) und ihre Beschreibungen als Bestandteil des digitalen Umweltatlases:
 - Karte der „Lebensraumfunktion für naturnahe und seltene Pflanzengesellschaften Karte der „Ertragsfunktion für Kulturpflanzen
 - Karte der „Puffer- und Filterfunktion“
 - Karte der „Regelungsfunktion für den Wasserhaushalt“
 - Karte der „Archivfunktion für die Naturgeschichte“
 - Karte der „Leistungsfähigkeit der Böden
- Karte der Bodengesellschaften für Berliner Böden (Stand 2005 im Maßstab 1:50.000) und ihre Beschreibung im digitalen Umweltatlas von Berlin.

Die „Auswertungsergebnisse“ der verfügbaren Datengrundlagen bieten die Grundlage für eine erste Einschätzung der Bodenausstattung der Untersuchungsgebiete, z.B. über die Homogenität und Inhomogenität der Flächen bezüglich ihrer Naturraumausstattung (vgl. Kap. 7.3).

5.2 Datenerhebung und -analyse

Um die Möglichkeit einer großmaßstäbigen Bewertung zu Beginn der Arbeit zu prüfen, wurde die Erhebung von Bodendaten in den ausgewählten Testgebieten benötigt. Zur Erfassung bodenkundlicher Datengrundlagen wurde eine systematische Recherche und eine Auswahl der geeigneten bzw. benötigten bodenkundlichen Daten zur Bodenfunktionsbewertung und den dabei benötigten Parameter zur Bodenschätzung durchgeführt.

Auf die Erfassung von nicht bodenkundlichen Informationen wie z.B. zu Nutzungsarten und -typen, Biotop(struktur)typen, Vegetationsbedeckung, Klimadaten oder sonstiger spezieller Informationen wird verzichtet.

Wegen des Mangels an einer landesweiten großmaßstäbigen Bodenkartierung in Berlin und der dadurch nicht ausreichenden Datenbasis sowohl digital als auch analog basiert somit die großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung in dieser Arbeit vor allem auf den existierenden Datenformaten und Datensätzen als „Primärdaten“, die in den Testflächen in den Jahren 2005, 2006 und 2007 aufgenommen und vom Geographischen Institut der Humboldt-Universität zu Berlin, Abt. Physische Geographie zur Verfügung gestellt wurden. Diese Daten umfassen bodenkundliche Messungen (Bodenkartierung) und die ergänzenden Laborarbeiten sowie einige Angaben über die Nutzung des Bodens. Die meisten dieser Daten liegen im Excel-Format vor. Also sind die Bodenkartierung im Gelände und die Laborarbeit die Quelle wichtiger Bewertungsparameter.

Des weiteren werden in dieser Arbeit im Jahr 2007 die erfassten Bodendaten feiner differenziert und weiter korrigiert, bearbeitet und ausgewertet (Datenbankentwurf). Im Jahr 2008 wurden die Datenverwaltung und -analyse und ihre Präsentation in Geographischen Informationssystemen (GIS) durchgeführt.

5.2.1 Bodenaufnahme im Gelände

Eine notwendige Voraussetzung für die differenzierte Bodenbewertung ist die detaillierte Ansprache von Bodenprofilen entweder in Form von größeren Bodenschürfen oder anhand von Bohrstockeinschlägen (PÜRCKHAUER-LINNEMANN-Bohrstock von 1 m Länge uGOK). Beides kam bei der Kartierung zur Anwendung. Die Vorgehensweise für die Dokumentation und Abschätzung jedes Parameters kann im Detail der bodenkundlichen Kartieranleitung der Ad-hoc-AG Boden 2005 (KA5) bezeichnet, entnommen werden.

Bei jedem Profil und jeder Bohrung sind somit die bodenkundlichen Parameter in zwei Schritten nach KA5 in den Untersuchungsgebieten festgehalten worden:

- 1) Aufnahme von Bodenparametern durch Beschreibung der Profile- und Bohrpunktstelle „Rahmendaten“.
- 2) Aufnahme von Bodenparametern durch die Unterteilung des Bodenprofils und Bohrpunktes in Horizonte, wobei die Untergrenze und Mächtigkeit des Übergangssaums in cm angegeben werden.

Die Qualität der entnommenen Bodendaten ist entsprechend unterschiedlich, was die Auswertung erschwert. Es ist deshalb notwendig, die Geländeerhebungen in den drei Untersuchungsgebieten im Detail zu beschreiben und die Abweichungen der durchgeführten Bodenkartierungen zu identifizieren. Die Tab. 12 (siehe Anlagen) verdeutlicht die Bodenaufnahme im Gelände in den drei Untersuchungsgebieten.

5.2.2 Bodenanalyse im Labor

Vor Durchführung der physikalisch-chemischen Laboranalysen der Proben, wurden die Voraussetzungen der Probenvorbehandlung berücksichtigt (SCHLICHTING et al. 1995, S. 88 ff).

An ausgewählten über die Testgebiete verteilten gegrabenen Profilen und Bohrpunkten wurden Proben und Volumenproben nach den Voraussetzungen der Probennahme genommen und nach dem gleichen Standardverfahren im geomorphologisch-bodenkundlichen Labor des Geographischen Instituts analysiert. Die Tab. 13 (siehe Anlagen) zeigt die Laboruntersuchungen und ihre Analyseverfahren.

5.3 Ergebnisse

Anhand der Tab. 12 und 13 (beide Tab. siehe Anlagen), in denen die Merkmale des Bodenaufbaus auf den Untersuchungsflächen und ihre Laboranalysen beschrieben werden, sollen kurz die wichtigen Parameter (Kennwerte) ausgewertet werden. Diese Auswertung gibt weitere Informationen beispielsweise zur Entstehung der Böden und gewährleistet darüber hinaus die reellen Ergebnisse bei der Bewertung der Bodenfunktionen.

Die Tab. 14 (siehe Anlagen) beinhaltet die Ergebnisse der Auswertung wichtiger aufgenommener oder abgeleiteter Parameter. Die Angaben dieser Tabelle treffen für den überwiegenden Teil der aufgenommenen Böden in den Untersuchungsgebieten zu.

6 Allgemeine Bewertungsgrundsätze und Anforderungen an Bodenfunktionsbewertungssysteme

Um ein „großmaßstäbiges Bewertungsverfahren“ von Bodenfunktionen auf der Basis der Anwendung verfügbarer Bewertungsmethoden zu entwickeln, sollen die Bewertungsmethoden nach bestimmten Kriterien geprüft werden. Dabei soll die Angemessenheit von einzelnen Bewertungsmethoden und ihre Aussagen beurteilt werden.

Aus dieser Situation werden die Bewertungsmethoden unter fachlichen Gesichtspunkten in einer strukturierten Weise im Rahmen des Vergleichs diskutiert. Diese Gesichtspunkte, die allgemeine „Anforderungen an Bewertungsverfahren“ darstellen, werden im Folgenden zusammengefasst:

- Die Berücksichtigung des Bodenschutzes in Planungsverfahren unter Anwendung des BBodSchG muss auf der Grundlage der fachlich eindeutigen Ableitung von Bodenteilfunktionen und ihren Bewertungskriterien aus den Legaldefinitionen zu den verschiedenen Bodenfunktionen im § 2 Abs. 2 BBodSchG erfolgen (**Eindeutiger Rechtsbezug**).

In fachlicher Hinsicht hat die Anforderung „Eindeutiger Rechtsbezug“ besondere Bedeutung für die Konkretisierung des Schutzes der Bodenfunktionen auf der Grundlage der planerischen Bodenfunktionsbewertung, die eine wesentliche Aufgabe im BBodSchG darstellt. Dies ist aber abhängig von den eindeutig formulierten Rechtsvorschriften. Darüber hinaus muss auch auf die korrekte Verwendung von Begriffen „Teilfunktion, Kriterium, Eingangsparameter im Bewertungsprozess“ geachtet werden.

- Die Bewertungsverfahren, die Bodenprozesse auf der Grundlage von bodenkundlichen Eingangsparametern abbilden, benötigen i.d.R. eine „detaillierte Daten- und Informationsgrundlage“ (Bodenmerkmale), die auf der Grundlage der bodenkundlichen Kartieranleitung (KA) im Gelände aufgenommen (Bodenkartierung) und/oder aus der „Datenschätzung“ nach der angegebenen Methode ermittelt werden. Da die Zuverlässigkeit des Bewertungsprozesses von den zur Verfügung stehenden Grundlagen und ihren umfassenden Aussagefähigkeiten abhängig ist, müssen daher bei dem Methodenvergleich die Quellen der Erfassung dieser Datengrundlage gezeigt werden (**Herkunft der Datengrundlagen**).

- Es müssen die aus fachlicher Sicht zur Bewertung der Boden(teil)funktion erforderlichen Eingangsparameter bestimmt werden (**Bestimmung relevanter Eingangsparameter**). Dabei werden in der Bewertung berücksichtigt:

- **Erfassung oder Ableitung des Eingangsparameters und Umfang der Zuverlässigkeit:** Hier werden die wesentlichen, in der Bewertung erforderlichen bodenkundlichen Eingangsparameter genannt und auch die fachliche Qualität und Komplexität der Erfassung oder Ableitung des Eingangsparameters bestimmt.
- **Richtige Eingangsparameter:** Da die erforderlichen Eingangsparameter aus verschiedenen Datengrundlagen in verschiedenen Maßstäben erfasst oder abgeleitet werden, muss hier berücksichtigt werden, ob diese Parameter zur Prüfung des Kriteriums angemessen sind oder sie den Bewertungsmethoden angepasst werden müssen.

- Bei der Anwendung jeder Bewertungsmethode in der Fläche wird bewertet, ob die Methode nur für das Einsatzgebiet der Stadt, in der die Methode entwickelt wird, anwendbar (Einschränkung) ist oder ob sie eine regionale Gültigkeit für alle zu bewerteten Flächen in allen Zuständen hat (**Allgemeine Gültigkeit**).
- Möglichkeit der Darstellung von Bewertungsergebnissen in Kartenform im Zielmaßstab $\geq 1:10.000$ in Abhängigkeit von der aggregierten Form und der Maßstabseignung. Dabei können die Karten aufbereitete Informationen oder relevante Hinweise zur Anwendung im Bodenschutz und in den planerischen Fragestellungen bieten (**Darstellung im Großmaßstab**).
- Die Bewertungsverfahren und -methoden, die zahlreiche Eingangsdaten benötigen, sind meist vom Entwickler und eventuell von Nachnutzern auf die jeweilige Fläche des Bundeslandes angewandt. Daher erfordert die Anwendung der Bewertungsmethode bei den Zielen des Bodenschutzes und der Planung viele Bemühungen zur Erfassung der Bodeninformationen und zur Ermittlung der Bewertungsergebnisse. Die Bemühungen müssen in einem vernünftigen Verhältnis zum Ergebnis stehen (**Anwendbarkeit**).
- Die Bewertungsmethoden sollen eine Anfälligkeit der Anpassung an gewonnene Erkenntnisse in Abhängigkeit von der zur Bodenfunktionsbewertung stehenden Datengrundlage aufweisen (**Weiterentwicklung**). Diese Anforderung hängt von der Akzeptanz jedes Bewertungsverfahrens in den Planungen und Bodenschutzmaßnahmen ab.

7 Schwerpunkt suburbane Berliner Böden

Dieser Abschnitt bietet im Kap. 7.1 eine Übersicht über die Böden Berlins, der durch die ausgewählten Testflächen bewertet wird. Kap. 7.2 erklärt die Auswahl geeigneter Testflächen für die beispielhafte Anwendung der Bewertungsverfahren und Kap. 7.3 beschreibt diese Testflächen sowie die Verbreitung der Böden in diesen Gebieten.

7.1 Die Böden Berlins

Da für die Bewertung der Bodenfunktionen bodenkundliche Informationen über die spezifischen Bodentypen/Bodenformen und ihre räumliche Verbreitung im Untersuchungsgebiet sowie das Verständnis und fachliche Begründung der Ergebnisse der Bodenbewertung, insbesondere für Nichtbodenkundler, eine gewisse Vorstellung der wichtigsten Bodentypen/Bodenformen und ihrer Eigenschaften voraussetzen (GEITNER et al., 2007), wird ein kurzer Überblick über Berliner Böden und ihre Verbreitung gegeben.

7.1.1 Naturräumliche Differenzierung des Stadtgebiets und das entstandene Ausgangsmaterial

Der Prozess der Bodenbildung führt in Abhängigkeit von der Zeit zu Differenzierungen in Aufbau und Eigenschaften und somit zu unterschiedlichen Bodentypen. Die räumliche Verbreitung dieser Bodentypen bzw. Bodenformen resultiert vor allem aus ihrer naturräumlichen Einbindung (GEITNER et al., 2007). Dementsprechend wird im Folgenden die naturräumliche Differenzierung (Naturräumliche Einheiten) des Stadtgebietes von Berlin beschrieben.

Die Morphologie des Berliner Raumes ist von den drei Inlandvereisungen des Pleistozäns und insbesondere während der jüngsten Vereisungsphase geprägt. Charakteristisch sind das breite **Warschau-Berliner Urstromtal**, **Schmelzwasserrinnen** und **Hochflächen der Grundmoränen**. Das Warschau-Berliner Urstromtal, das nahezu in ostwestlicher Richtung verläuft, trennt die „Barnim-Hochfläche“ im Norden von der „Teltow-Hochfläche“ im Süden und der „Nauener Platte“ im Westen der Stadt Berlin. Mit einem geringen Höhenunterschied zwischen 30 und 40 ü. NN wurde das Berliner Urstromtal schon während der Saaleeiszeit als Talstruktur angelegt und hatte während der Weichseleiszeit die Funktion des Abflusstales der Schmelzwässer der Frankfurter Phase. In diesen Kaltzeiten wurden unterschiedliche Materialien abgelagert (Feinsande, Mittelsande, Grobsande bis Kiese, Kiese mit Geschieben und Reste von ausgewaschenen Grundmoränen) (ASSMANN, 1957). Das sehr geringe Gefälle des Urstromtals (z.B. Spree 0,1 %) und der hohe Grundwasserstand verursachten zum anderen die Bildung von holozänen torfigen und anmoorigen Böden. Auch abflusslose Senken, Rinnen und Kolke können mit diesen Ablagerungen gefüllt sein.

Beide Hochflächen Barnim und Teltow, deren Geländehöhen durchschnittlich 40 bis 60 m über NN erreichen, stellen die glazialen Aufschüttungen (Geschiebemergel) von Grundmoräne dar (Grundmoräneflächen). Einzelne **Höhen** erheben sich im Berliner Raum bis über 100 Meter über das Meeresniveau, als Beispiele sei hier der Große Müggelberg (Ortsteil Friedrichshagen) als anstehender Rest von Endmoränenbildungen genannt, der vorwiegend aus Sanden mit Stauchungsmerkmalen

besteht und die höchste natürliche Bodenerhebung mit 115,4 m ü. NN darstellt und der aus Trümmerschutt des zweiten Weltkriegs künstlich aufgeschüttete Teufelsberg (Ortsteil Grunewald) mit von 114,7 m ü. NN. Die Nauener Platte, die sich über ihr Umland durchschnittlich 15 Meter erhebt, entstand als Teil der Warschau-Berliner Nauener Platte in der Saaleeiszeit und der letzten Eiszeit (Weichseleiszeit). Es überwiegen, z.T. flachwellige, Grundmoränenbildungen (Moräne, sandüberdeckte Moräne, Hochflächensande). Darüber hinaus erscheinen lokale **Besonderheiten**, die auch bodenkundlich von Relevanz sind. Diese sind **Toteissenken**, die die heutigen Pfuhle darstellen, **Stauchendmoränen** und **Kamesablagerungen**. Im Berliner Raum befinden sich auch die **Dünenablagerungen**, die Ende der letzten Kaltzeit (im Wesentlichen spätglazial) durch Ausblasung der Feinmaterialien aus den Grund- und Endmoränen, vor allem aber aus den Tal- und Hochflächensanden, entstanden. Im Urstromtal sind diese z.B. zwischen Treptow-Köpenick und Erkner bis 15 m mächtig.

Das Ausgangsgestein zur Bodenbildung, das die naturräumliche Differenzierung des Berliner Gebietes widerspiegelt, ist bestimmend für die Bodentypen. Für Berliner Böden besteht das Ausgangsgestein aus eiszeitlich geprägten Lockersedimenten, nacheiszeitlichen Torfen und Beckensedimenten sowie aus Aufschüttungen natürlichen Bodenmaterials (z.B. Bodenaushub, Kies) oder nicht natürlichen Materialien (z.B. Trümmerschutt, Bauschutt, Schlacken). Geschiebelehme und Geschiebemergel sind vorwiegend auf den Hochflächen des Gebietes verbreitet. Geschiebesande dominieren teilweise auf diesen Hochflächen. Mittelsandige Talsande dominieren im Urstromtal, mittel- und feinsandige Flusssande, Torfe und schluffig/tonige Mudden bzw. Seekreiden in den Schmelzwasserrinnen, feine Flugsande an den Dünen. Die Aufschüttungen von technogenen Substraten sind häufig als grobes Schuttmaterial verbreitet (GERSTENBERG & SMETTAN, 2005). Demzufolge wechseln sich im Berliner Stadtgebiet naturnahe und anthropogen geprägte Bodentypen ab.

7.1.2 Räumliche Verbreitung dominanter Bodentypen im Stadtgebiet Berlin

Die dem geologisch-geomorphologischen Aufbau entsprechenden Verbreitung naturnahen und anthropogen geprägten Bodentypen bzw. Bodenformen in den naturräumlichen Einheiten des Stadtgebietes Berlin werden in der Konzeptkarte der „Bodengesellschaften“ von Berlin 1:50.000 dargestellt. Hieraus und aus ihren dazugehörigen Erläuterungen stammt die folgende Ausführung:

Die „naturnahen Böden“ sind **Parabraunerden**, **Fahlerden**, **Braunerden**, **Rostbraunerden**, **Podsolbraunerden**, **Podsole**, **Gleye** und **moorige Böden**. Diese durch Menschen wenig beeinflussten Böden mit einer langen Entwicklungsgeschichte sind durch ihre charakteristischen Bodentypen, geomorphologische Bildung, Substrat/Bodenart und Beeinflussung des Wassers gekennzeichnet. Die „anthropogenen Böden“ des Berliner Stadtgebietes sind **Lockersyrosem**, **Regosol** und **Pararendzina**. Diese Böden entwickeln sich sowohl auf Abtragungsflächen aus natürlichen Bodenmaterialien (natürlich anstehenden Gesteinen) als auch auf Flächen aus nicht natürlichen Materialien (anthropogene geschüttete Materialien). Aufgrund der intensiven anthropogenen Eingriffe auf den Boden sind die anthropogenen Böden Lockersyrosem, Regosol und Pararendzina weit verbreitet. Diese Böden werden im Folgenden charakterisiert:

Die Böden **Parabraunerden** und **Fahlerden** sind meist dort auf den Hochflächen des Barnims und des Teltows verbreitet, wo sandüberlagerter Geschiebemergel auftritt. Fahlerden findet man vor allem auf Gebieten mit Waldnutzung. Wegen des hohen Anteils an Humus und Ton weisen Parabraunerden deutlich höhere Nährstoffe (Nährstoffangebot) als Fahlerden auf. Fahlerden weisen im Unterboden ein höheres Nährstoffangebot auf als im tonverarmten Oberboden. Somit bieten Parabraunerden günstige Pflanzenstandorte für den Ackerbau. **Braunerden** sind auf den sandigen Geschiebemergelhochflächen des Barnims und des Teltows, an den Unterhängen der Hochflächen, Moränenhügel und Endmoränen, auf z.T. schluffhaltigen Mittel- und Feinsanden des Berliner Urstromtales und des Panke-Tales sowie in Senken der Dünenlandschaften verbreitet. Diese Böden unterscheiden sich im Berliner Urstromtal in Abhängigkeit vom früheren und aktuellen Grundwasserstand in vergleyte und reliktsch vergleyte Braunerden und Gleybraunerden. Auf den Geschiebesanden der Nauener Platte (Gatow-Kladow), des Barnims und des Teltows entwickeln sich **Rostbraunerden**. In den Verbreitungsbereichen stellen Rostbraunerden den dominierenden Boden der Endmoränen dar. Diese bilden sich ebenfalls auf grundwasserfernen Talsanden (z.B. Forst Jungfernheide). Diese Böden sind gemeinsam mit den Podsolbraunerden Leitböden der Dünen im Spandauer, Tegeler und Köpenicker Forst. **Podsole** entwickeln sich auf feinkörnigen, kalkfreien Sandflächen und ihre Verbreitung beschränkt sich auf wenige Stellen in den Berliner Forsten (z.B. Nordosthängen von Dünen im Tegeler Forst). **Gleye** sind im Berliner Stadtgebiet auf den Flächen mit hohem Grundwasserstand (z.B. in Senken der Talsandebenen im Spandauer Forst) verbreitet. Sie sind häufig mit Naßgleyen, Anmoorgleyen und Mooren vergesellschaftet. Neben diesen Böden treten in Bereichen, die geringe Grundwasserflurabstände aufweisen, reliktsche Gleye auf. **Moore** sind auf Standorten mit hohem Wasserstand weit verbreitet. Sie unterscheiden sich in vererdete moorige und anmoorige Böden, die z.B. im Urstromtal in Kleingartengebieten entlang des Teltow- und des Neuköllner Kanals sowie in Treptow entlang des Hochflächenrandes der Teltow-Hochfläche vorkommen. **Lockersyroseme** auf den Abtragungsflächen aus natürlich anstehenden Gesteinen befinden sich vorwiegend im äußeren Stadtgebiet. Sie kommen meistens auf den durch Nutzung abgetragenen Rostbraunerden und Braunerden der Geschiebe-, Talsand- und Flugsandflächen (z.B. Truppenübungsplätze des Heiligensees (Baumberge), des Grunewalds und des Köpenicker Forstes oder Tagebau der Kaulsdorfer Seen und des Laszinssees in Spandau usw.) vor.

Lockersyroseme sind auf den Aufschüttungsflächen aus aufgetragenen anthropogenen Gesteinen verbreitet. So kommen sie auf Freiflächen des gesamten dicht besiedelten Stadtgebietes (z.B. Innenstadt, alle im Krieg stark zerstörten Bereiche usw.) und auf Trümmer- und Bauschuttdeponien (z.B. Eichberge in Köpenick, Arkenberge in Pankow, Teufelsberg im Grunewald usw.) sowie auf den das gesamte Stadtgebiet durchziehenden Gleisanlagen. Lockersyroseme befinden sich auch, aber seltener, auf aufgeschütteten bzw. umgelagerten natürlichen Gesteinen (z.B. auf geschütteten Wällen von Truppenübungsplätzen einschließlich Schießplätzen). **Regosole** entstehen als Folge der fortschreitenden Bodenentwicklung auf Kames-, Moränen- oder Dünensanden aus Lockersyrosemen durch Humusanreicherung im Ah-Horizont (z.B. an den steileren Hangbereichen im Grunewald entlang der Havel, im Düppeler Forst und an den Hängen der Müggelberge). Die Entstehung von Regosolen geschieht aus natürlichem Material (z.B. in den nördlichen Gebieten der Stadtbezirke Pankow, Weißensee und Hohenschönhausen) und aus sandigen kalkfreien Aufschüttungen im gesamten dichter bebauten Stadtgebiet einschließlich kleinerer Grün- und Parkanlagen.

Pararendzinen existieren auf Aufschüttungsmaterial der aufgetragenen anthropogenen Gesteine (Trümmer- und Bauschutt); auf allen im Krieg stark zerstörten Bereichen mit Trümmerschuttauuffüllungen und auf Bahnanlagen sowie entlang der vielen überschütteten Ufer und Niederungen von Havel, Spree und deren seenartigen Erweiterungen.

In kleinen Gebieten im Berliner Stadtgebiet treten auch Lockersyroseme aus Kalkmudden bzw. aus gestörten Flachwassersedimenten (z.B. im Niederungsgebiet der Bäke am Landgut Eule und an Albrechts Teerofen) auf, die sich beim Bau des Teltowkanals bildeten.

Die, dem geologisch-geomorphologischen Aufbau entsprechende areale Verteilung der naturnahen und anthropogen geprägten Bodentypen bzw. Bodenformen in den naturräumlichen Einheiten des Stadtgebietes Berlin wird in der Konzeptkarte der „Bodengesellschaften“ von Berlin 1:50.000 dargestellt. Hieraus und aus den dazugehörigen Erläuterungen stammen die Auswertungen, die in der Tab. 15 (siehe Anlagen) dargestellt werden.

Die Tab. 15 zeigt die Flächendominanz der Bodentypen/Bodenformen (in den Bodengesellschaften) mit Legendenummer nach ihrem Flächenanteil in % im Jahr 2005, ihrem Ausgangsmaterial zur Bodenbildung und ihrem Vorkommen in den naturräumlichen Einheiten. Das Ausgangsmaterial zur Entwicklung der natürlichen Böden (42 %) im Berliner Stadtgebiet besteht in erster Linie aus eiszeitlich geprägten Lockersedimenten (Talsand, Flugsand, Geschiebesand), die unterschiedlichen naturräumlichen Einheiten angehören (19 % Berliner Urstromtal, 16 % Grundmoränenhochfläche, 6 % Dünenlandschaft und 3 % fluvioglaziale Schmelzwasserrinnen).

7.2 Auswahl der Testgebiete

Um die im Kap. 4.3 dargelegten Bewertungsverfahren von Bodenfunktionen anzuwenden und zu überprüfen, mit dem Ziel, ein allgemein anwendbares großmaßstäbiges Bewertungssystem von Bodenfunktionen für „Stadtböden“ auf der Basis der gewonnenen Ergebnisse herzuleiten oder zu entwickeln, sind Untersuchungsgebiete mit Beispielcharakter ausgewählt worden. Diese Untersuchungsgebiete weisen in diesem Zusammenhang möglichst verschiedene Ausstattungen auf, um die Objektivität, Zuverlässigkeit und Aussagekraft des Bewertungsschemas zu untersuchen.

Da die vorliegende Arbeit in Berlin erstellt wird, wurden Untersuchungsgebiete als Testflächen unterschiedlicher Größe mit einer Vielfalt an Kombinationen der bodenkundlichen Flächeneigenschaften, Naturraumausstattung, anthropogener Vorgeschichte und Nutzungen ausgewählt, um die Bewertungsverfahren für die großmaßstäbige Bewertung von Bodenfunktionen anwenden, überprüfen und optimieren zu können. Darüber hinaus steht eine ausreichende Datengrundlage von Boden- und Nutzungsinformationen zur Verfügung, die diese Untersuchungsgebiete flächenhaft abdecken. Die vorstehenden Forderungen werden durch die drei folgenden Testgebiete erfüllt (Abb. 6):

1. Landschaftspark Johannisthal (im Südosten der Stadt Berlin)
2. Flughafen Tempelhof (Mitte)
3. Tiefwerder Wiese - Spandau (im Nordwesten Berlins)

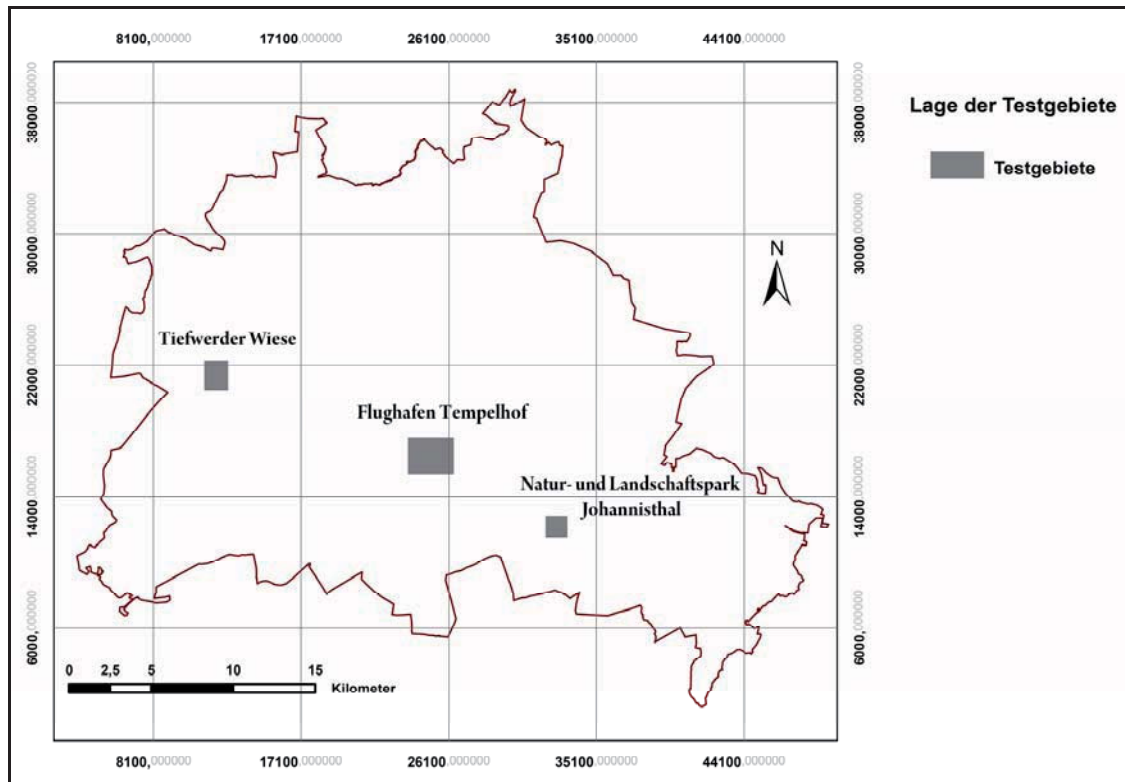


Abb. 6: Lage der drei Testgebiete „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“ in der Stadt Berlin
(Quelle: eigene Darstellung)

7.3 Ausstattung bzw. naturräumliches Inventar der Testgebiete

7.3.1 Natur- und Landschaftspark Johannisthal

Das Testgebiet **Natur- und Landschaftspark Johannisthal** „Ehemaliges Flugfeld Johannisthal“ liegt im Südostraum Berlins und gehört zum Stadtbezirk Treptow - Köpenick. Mit einem geringen Höhenunterschied zwischen 33 m ü. NN im SW und 34,5 m ü. NN im NE und mit einer Größe von 70 ha ist der Natur- und Landschaftspark eine großflächige Landschaftsebene.

Das gesamte Gebiet liegt innerhalb der Talniederung des Berliner Urstromtals und gehört geologisch zum Raum Treptow - Köpenick - Erkner, der durch Ereignisse (glazifluviale und fluviale) und Ablagerungen (Fluß- und Talsand) während des Quartärs geprägt ist. Die Ablagerungen des Quartärs haben bei der Bodenbildung und Bodenentwicklung eine große Bedeutung im ehemaligen Flugplatz Johannisthal. Sie werden ausschließlich von glazifluvialen, meist sandigen Sedimenten aufgebaut.

Aufgrund der langen und unterschiedlichen Nutzungsgeschichte (Nutzung als Flugplatz nach der Rodung eines 4 km² großen Eichen- und Kiefernwaldbestandes, Bombardierung während des zweiten Weltkrieges, Nutzung durch die sowjetische Armee nach dem 2. Weltkrieg und später durch die NVA als Übungsgelände) waren die Böden im diesem Testgebiet starken anthropogenen Überprägungen und Durchmischungen ausgesetzt (MOHAMED, 2006, BÍRÓ, et al. 2007, HELLER, 2008). Dies führte zu einer großen Inhomogenität der räumlichen Verbreitung der Bodentypen und -subtypen in diesem

Untersuchungsgebiet. Somit sind die Böden partiell über 70 cm unter Geländeoberkante anthropogen beeinflusst. Dabei weist das Gebiet unterschiedliche Intensität der anthropogenen Beeinflussung auf. Trotz der anthropogenen Veränderungen in der oberen Bodenschicht ist es davon auszugehen, dass der natürliche Bodenaufbau in den unteren Bodenschichten dabei weitgehend unbeeinflusst blieb (MOHAMED, 2006).

Aufgrund der Einheitlichkeit und der trockenen, nährstoffarmen Böden (Sande) ist Johannisthal von einer geringen Artenvielfalt geprägt. Dominant sind ruderale Halbtrockenrasen sowie Sandtrockenrasen. Nachträglich wurden vereinzelt Kiefern, Eichen und Pappeln gepflanzt. Die heute vornehmlich trockenen Böden sich durch Bau des Teltowkanals und damit einhergehende Grundwasserabsenkung entstanden. Der aktuelle Flurabstand zum Grundwasser des Gebiets liegt durchschnittlich zwischen 2,0 m und 2,3 m unter Gelände.

Das Gebiet weist aufgrund der Ebenheit keinen oberflächlichen Abfluss und aufgrund der Textur des Bodens eine schnelle Versickerung von anfallendem Niederschlagswasser auf.

Die im Untersuchungsgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal vorkommenden Bodentypen als Ergebnisse der Bodenkartierung gemäß KA5 der Ad-hoc-AG Boden (2005) sind: **Lockersyrose** (OL), **Ranker** (RN), **Regosol** (RQ), **Pararendzina** (RZ), **Braunerde** (BB), **Kolluvisol** (YK) und **Gley** (GG). Die Karte 1 (siehe Anlagen) zeigt die räumliche Verbreitung dieser Bodentypen im Untersuchungsgebiet.

Eine Zusammenfassung der Nutzungs- und Bodeneigenschaften mit Angaben der Flächenanteile an der Gesamtfläche bietet die Tab. 16. Es zeigt sich, dass das Grünland die größte Nutzungskategorie mit dem Flächenanteil 95,02 % darstellt, wobei 51,51 % der Trocken- und Magerrasen auf dem Bodentyp Regosol über Braunerde-Gley liegen.

Die Bodentypen (Karte 1) nach den Leitprofildaten der Bodenkartierung und die aktuellen Nutzungstypen der Flächen (Karte 2) nach der KA5 und der Nutzungs- und Biotoptypenkarten (2007) im Untersuchungsgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal liegen als Tab. 17 in den Anlagen.

Tab. 16: Boden und Nutzungseigenschaften im Untersuchungsgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal

(Quelle: eigene Darstellung nach KA5 und der Nutzungs- und Biotoptypenkarte 2007)
(siehe auch Karte 2 in den Anlagen)

Natur- und Landschaftspark Johannisthal	Nutzungs- und Biotoptypen in %						
	Versiegelte und bebaute Flächen	Gehölzbestandene Biotope und Grünland (Wiese)					
	4,23	95,77					
	versiegelte Wege und Flächen	Feucht- u. Frisch- grünland, Zier- u. Trittrassen	Gebüsch-, Baum- reihen und Baum- gruppen	Grünland- brachen und Stauden- fluren	Rohboden- standorte (natürl. und künst. Substrat)	Ruderal- fluren (ruderal- Halbtrock- enrasen)	Trocken- und Mager- rasen
Gesamtfläche in %	4,23	15	0,28	0,60	0,17	10,53	68,44
Bodentypen in Flächen (%): (Flächenanteil der bewerteten Böden)							
OL	0,70	-	0,68	-	-	-	0,02
OL-RQ	0,03	-	-	-	-	-	0,03
OL-RQ\BB-rGG	2,19	-	-	-	-	-	2,19
OL-RQ\BB-rGG	0,50	-	-	-	-	0,26	0,24
OL-RQ\rGG	0,11	-	-	-	-	-	0,12
OL-RQ\rGG-BB	0,38	-	-	-	-	-	0,33
OL\BB-rGG	0,07	-	-	-	-	0,07	-
OL\rGG	0,20	-	0,20	-	-	-	-
OL\rGG	1,18	-	1,18	-	-	-	-
OO-RN\BB-rGG	0,41	-	-	-	-	0,05	0,36
OO-RN\rGG-BB	0,76	-	-	-	-	-	0,76
RQ	6,78	-	0,08	-	-	0,65	5,90
RQ\BB-rGG	5,57	-	-	0,60	0,05	1,25	2,94
RQ\BB-rGG	51,63	-	-	-	0,02	-	51,51
RQ-rGG	0,18	-	0,18	-	-	-	-
RQ\rGG	0,09	-	-	-	-	-	0,09
RQ\rGG	0,17	-	-	-	-	-	0,14
RQ\rGG-BB	0,26	-	-	-	-	-	0,26
RQ\rGG-BB	0,08	-	-	-	-	0,01	0,07
RZ	3,07	-	0,81	0,20	-	2,03	0,05
RZ\RQ-BB	0,57	-	0,15	-	-	0,43	-
RZ\BB	3,41	-	2,13	-	-	-	1,29
RZ\rGG-BB	0,17	-	-	-	-	0,17	-
RZ\BB&RZ\rGG-BB	1,05	-	1,04	-	0,02	-	-
RZ\BB-rGG	0,26	-	0,22	-	-	-	0,04
RZ\rGG-BB	0,45	-	0,45	-	-	-	-
RZ\rGG-BB	0,03	-	0,03	-	-	-	-
BBn	0,78	-	0,35	-	-	0,15	0,28
rgBB	3,02	-	2,86	-	-	0,19	-
BB-rGG	0,28	-	-	-	-	-	0,28
BB\rGG	2,09	-	2,11	-	-	-	-
pBB\rGG	0,51	-	0,30	-	-	-	0,21
YK	9,50	4,23	1,99	-	0,08	3,30	-
YK\BB	0,83	-	0,08	-	-	0,34	0,38
rGG	0,02	-	-	-	-	0,02	-
BB-GG\BB-rGG	2,67	-	0,24	-	-	1,61	0,95

7.3.2 Tempelhof

Das Testgebiet **Flughafen Tempelhof** umfasst die gesamte Fläche des Flughafens Tempelhof und gehört zum Bezirk Tempelhof - Schöneberg. Mit einer Größe von etwa 300 ha liegt es durchschnittlich auf etwa 49 m ü. NN. Somit stellt dieses Gebiet die größte Freifläche Berlins dar, sie wirkt sich nachweislich auf das Klima und die Vegetation aus.

Das Gebiet liegt geologisch auf der Teltow-Hochfläche, die sich im älteren Jungmoränengebiet befindet (ASSMANN, 1957). Somit sind Grundmoränen das Ausgangsmaterial zur Entwicklung der Böden im Untersuchungsgebiet, die etwa 3- 5 m mächtig sind und aus den weichselzeitlichen, oberflächlich entkalkten Geschiebelehm über Geschiebemergeln bestehen, die wiederum aus einem

- bei den Mergeln kalkhaltigen - Gemisch aus Kies, Sand, Schluff und Ton bestehen. Darüber hinaus befinden sich auch im westlichen Bereich des Gebietes periglaziale Sandauflagen. Auf diesen Substraten im Untersuchungsgebiet haben sich verschiedene natürliche Böden entwickelt (Fahlerden, Braunerden und pseudovergleyte Böden).

Die anthropogene Nutzung des Gebietes wirkt sich auf die Bodenbildung bzw. Bodenentwicklung aus. Z.B. hat die beachtliche karbonathaltige Menge von Bauschutt, die in den Boden eingearbeitet wurde, zu einer relativen Carbonatanreicherung im sonst entkalkten Boden geführt. Außerdem wurden die Böden im Südosten des Gebietes durch eine ehemalige Müllverbrennungsanlage und Industrieschutthalde beeinflusst. Diese Böden zeigen eine deutliche anthropogene Überprägung (GODBERSEN, 2007).

Die Vegetationsabdeckung ist durch die Bodenverhältnisse (niedrige Infiltrationsrate, starke Bodenverdichtung und somit rasche Verdunstung der Niederschläge) und durch die Grundwasserverhältnisse (starke Schwankung des Grundwasserspiegels in Abhängigkeit von den Niederschlägen) beeinflusst. Dominant sind Sandtrockenrasen und Glatthaferwiesen und die Wärme-liebende Ruderalflur.

Die vorkommenden Bodentypen nach den Ergebnissen der Bodenkartierung im Untersuchungsgebiet Flughafen Tempelhof sind Gemäß KA5 der Ad-hoc-AG Boden (2005): **Ranker** (RN), **Regosol** (RQ), **Pararendzina** (RZ), **Fahlerde** (LF). Die Karte 3 (siehe Anlagen) verdeutlicht die Verbreitung der Böden nach ihren Typen¹⁴.

Die Tab. 18 gibt eine zusammenfassende Übersicht über die Boden- und Nutzungseigenschaften. Diese Tabelle zeigt, dass die Luftverkehrsfläche (88,12 Flächen-%) den größten Nutzungsanteil der kartierten Flächen im Untersuchungsgebiet darstellt. Die vorherrschenden Bodentypen auf dieser Fläche sind Pararendzina (25,86 Flächen-%) und Pararendzina über Fahlerde (21,73 Flächen-%). Die Bodentypen (Karte 3) nach den Leitprofilaten der Bodenkartierung und die aktuellen Nutzungstypen der Flächen (Karte 4) nach KA 4 im Untersuchungsgebiet Flughafen Tempelhof liegen als Tab. 19 in den Anlagen.

Tab. 18: Boden und Nutzungseigenschaften im Flughafen Tempelhof (siehe auch Karte 4 in den Anlagen)
(Quelle: eigene Darstellung nach KA5 und KA4)

Flughafen Tempelhof		Nutzungs- und Biotoptypen in %			
		Luftverkehrsfläche	Luftverkehrsfläche, Deponie	Park-, Grünanlage	Luftverkehrsfläche, Deponie, Auftragsfläche
		88,12	4,59	0,20	7,07
Bodentypen in Flächen (%): (Flächenanteil der bewerteten Böden)					
RN	5,057	5,03	-	-	-
RQ/LF	12,622	15,85	-	0,20	-
RQ/BB	9,587	9,53	-	-	-
RQ/BB-LF	1,028	1,01	-	-	-
RQ/SS-LF	3,874	3,87	-	-	-
RQ	7,37	4,69	2,68	-	-
RZ	25,860	21,26	-	-	4,60
RZ/LF	21,731	19,27	-	-	2,46
RZ/BB	3,975	3,97	-	-	-
LF	6,802	6,80	-	-	-
BB-LF	0,28	0,28	-	-	-

¹⁴ Aufgrund der stringenten Sicherheitsvorschriften konnten große Teile der Böden in unmittelbarer Nähe der Zufahrtswege und der Start- und Landebahnen nicht kartiert werden. Somit erscheinen große Bereiche als „weiße Flecken“ auf der Bodenkarte und den Bodenfunktionskarten.

7.3.3 Tiefwerder Wiesen

Das Testgebiet **Tiefwerder Wiesen** liegt im Westen Berlins und gehört zum Bezirk Berlin - Spandau. Mit einer Fläche von ca. 36 ha weist das Gebiet einen typischen Landschaftscharakter auf, der sich durch Feuchtwiesen, naturnahe Röhrichte, aufgeschüttete Areale und eingeebnete Trümmerschuttflächen charakterisiert.

Aufgrund der Lage an der Grenze der weichseleiszeitlichen Schmelzwasserrinnen des Warschau - Berliner Urstromtals und der Schmelzwasserrinne der Havel wurden in der jüngsten Vereisung im Untersuchungsgebiet glazifluviale Sande, Kiese und glazilimnische Bändertone mitgeführt und abgelagert. Spätweichselzeitliche Sande wurden im Urstromtal über Toteis geschüttet; nach dessen Austauen hier eine Hohlform entstand. Diese geologische Situation hatte besonderen Einfluss auf die bodenbildenden Prozesse.

Pleistozäne Talsande und holozäne organisch-mineralische Ablagerungen, die das natürliche Ausgangsmaterial darstellen, sind somit wesentlich für die Bodenbildung:

In allen Bereichen mit natürlichen Geländehöhen von etwa 35 m ü. NN sind weichseleiszeitliche Talsandgebiete aus Mittelsanden unter schluffigen Feinsanden, z. T. auch Schwemmlehm verbreitet. In den tiefer liegenden Bereichen von 30 bis 31 m ü. NN befinden sich organisch-mineralische, teilweise vermoorte Ablagerungen (muddenhaltige Sande, Mudde über Auensand, Detritusmudden) (bis zu 40 m mächtig). Im Süden des Gebietes befinden sich die Ablagerungen von Geschiebesanden auf den Hochflächen (LIMBERG, 1991, ERBE, 2008).

Der menschliche Einfluss im Laufe der Zeit auf die natürlichen geologischen Ablagerungen im Untersuchungsgebiet, wie unterschiedliche Aufschüttungen von Bau- und Trümmerschutt oder allochthonem natürlichem Bodenmaterial, sowie wasserbauliche Maßnahmen, veränderten die Bedingungen für die Pedogenese tiefgreifend, z.B. befinden sich im Untersuchungsgebiet oft über 1 m mächtige anthropogene Auflagen auf dem natürlichen Ausgangsmaterial. Darüber hinaus haben Oberflächen- und Grundwasser eine starke Beeinflussung auf die Bodenbildung und somit auf die daraus resultierenden Bodentypen (Auenböden und typische Grundwasserböden).

Im Untersuchungsgebiet Tiefwerder Wiese sind nach KA5 der Ad-hoc-AG Boden (2005) die folgenden Bodentypen verbreitet: **Regosol** (RQ), **Pararendzina** (RZ), **Kolluvisol** (YK), **Gley** (GG), **Nassgley** (GN), **Anmoorgley** (GM), **Moorgley** (GH). Die Karte 5 (siehe Anlagen) zeigt die Verbreitung dieser Bodentypen im Untersuchungsgebiet.

Die Tab. 20 zeigt eine zusammenfassende Übersicht der Boden- und Nutzungsmerkmale aller Flächen. Wie aus dieser Tabelle zu entnehmen ist, stellen Wald- und Forst (30 Flächen-%) und Grünland (30,87 Flächen-%) die größten Anteile der Flächennutzung dar. Diese Flächennutzung konzentriert sich vor allem auf die Bodentypen (Norm-) Pararendzina (25,5 Flächen-%) und (Norm-) Gley (23 Flächen-%).

Die Bodentypen (Karte 5) nach den Leitprofildaten und die aktuellen Nutzungstypen der Flächen (Karte 6) nach KA5 und der Nutzungskarte (2004) im Untersuchungsgebiet Tiefwerder Wiese liegen als Tab. 21 in den Anlagen.

Tab. 20: Boden und Nutzungseigenschaften im Testgebiet Tiefwerder Wiese (siehe auch Karte 6 in den Anlagen)

(Quelle: eigene Darstellung nach KA5 und der Karte der Bodennutzungstypen 2004)

Tiefwerder Wiese		Nutzung- und Biotoptypen in %				
		Wald und Forst	Gehölze	Grünland/Brachflächen feuch. u. mittl. Standorte	großflächiges Röhricht	Wochenendhaussiedlungen
		29,99	13,42	30,87	7,41	18,29
Bodentypen in Flächen (%): (Flächenanteil der bewerteten Böden)						
RQn/GGn	3,56	-	1,34	0,73	-	1,47
RQn//GGn	0,86	-	-	0,86	-	-
RQn//rGGn	0,10	-	-	-	-	-
RQn\GNn	0,04	-	0,03	-	-	-
RQn/GNn	0,59	-	-	-	-	0,59
RZn	32,78	25,50	-	0,95	-	6,32
RZn/GGe	2,51	-	-	2,51	-	-
RZn/GGn	1,28	-	1,34	1,28	-	-
RZn//GNn	0,14	-	-	0,14	-	-
YK-GGw	0,31	0,31	-	-	-	-
kGGn	1,12	0,54	-	-	-	0,57
GGn	35,61	1,92	2,45	23,00	-	8,24
GNn	6,98	-	1,69	5,18	6,22	-
GNn/GHn	1,62	1,61	-	-	-	-
GMn	9,95	-	6,23	0,38	-	-
GHn	4,43	-	1,69	-	1,18	1,08

8 GIS-gestützte großmaßstäbige Bodenbewertung

Die GIS-gestützte großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung, die auf den in Kap. 4.3 beschriebenen und aufbereiteten Bewertungsverfahren basiert, von der Datenerfassung bis hin zu der Darstellung der Ergebnisse in den großmaßstäbigen Bodenfunktionskarten, benötigen Werkzeuge (GIS-Software). Hierbei wird dieser Schwerpunkt als zentraler Bestandteil der GIS-Unterstützung repräsentiert. In diesem Zusammenhang wird die großmaßstäbige Bodenbewertung für Bodenteilfunktionen in den Testgebieten wird in der „Datenbank“ durchgeführt und hergeleitet.

Mit Hilfe der Geo-Informationssysteme können auch die analogen Ausgangsinformationen und die flächendeckenden, aussagekräftigen und aktuellen digitalen Daten über die kartierten Flächen der Testgebiete erarbeitet (z. B. Verschneidung, Abfrage, etc.) und in die Datenbank exportiert werden. Danach werden die Ergebnisse in Form von Bodenbewertungstabellen (Funktionswertzahl) in ArcGIS übertragen und mit den Geo-Daten (Bodentypen) und ihren Attributdaten verknüpft. Diese gewonnenen Daten werden für verschiedene „**Bearbeitungsebenen**“ (thematische Layers) definiert, die im Anschluss als Bewertungsergebnisse für die Anwendungsgebiete in den digitalen (GIS)-Bodenfunktionskarten bereitgestellt und mit gängigen Geo-Informationssystemen für Planungs- und Bodenschutz Zwecke weiterverarbeitet werden können.

So werden in Kap. 8.1 die einzelnen Phasen des Entwurfs der Datenbank für bodenkundliche Daten erläutert und die wichtigsten Anforderungen an eine bodenkundliche Datenbank und der schematische Aufbau dieser Datenbank gezeigt. Darüber hinaus werden in diesem Kapitel der Ablauf der Ableitung von Bodenparametern bestimmt und ihre durchgeführten Ableitungsmethoden erläutert. GIS-Software *ArcGIS 9.3* (ESRI, 2008) wird in Kap. 8.2 benutzt, entsprechend dem im Kap. 3.3 formulierten Aufbau eines Geographischen Informationssystems (Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation), um die zahlreichen erfassten Daten zu bearbeiten, so dass die Daten mittels dieses Systems digital erfasst, gespeichert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und/oder graphisch präsentiert werden. Die in der Datenbank erfassten Bodendaten werden hier digital mit GIS in Attributdaten-Form bearbeitet (Abb.7, siehe Anlagen).

8.1 Datenbank

8.1.1 Bodenkundliche Datenbank

In der Regel liegen in einem GIS alle Daten unterstützt von einem Datenbankmanagementsystem in einer Datenbank vor. Datenbanken dienen der dauerhaften und zuverlässigen Speicherung sowie der effizienten Wiedergewinnung umfangreicher Datenmengen, die für mehrere Anwendungen gleichzeitig genutzt werden können. Der Vorteil von Datenbanken für ein GIS liegt darin, dass verschiedene Datenbestände zueinander in Beziehung gestellt werden können. Die Verwaltung in Datenbanken basiert auf einem bestimmten „Datenbankmodell“, nach dem die Daten strukturiert sind. Darüber hinaus ist die Grundlage für die Bewertung von Bodenfunktionen im Großmaßstab die Aufnahme bzw. Aufbereitung von Daten in den Untersuchungsgebieten, die in eine „externe Datenbank“ eingegeben werden (z. B. MS Datenbankmodell), in der die Daten gespeichert und untereinander über die Tabellenspalten in Beziehung gesetzt werden können. Aufgrund der sehr einfachen Strukturierung

dieser Form des Datenmodells eignet es sich gut zur Verwaltung der Sachdaten aus dem ArcGIS. Jede Spalte in einer Tabelle kann als „key“ (Schlüsselbezeichnung) benutzt werden. Daraus ergibt sich eine größere Flexibilität bei Erstellung von Anwendungen in der Bodenbewertung. Ein Problem ist jedoch unter anderem die Antwortzeit bei komplexen Anfragen (in GIS). Somit besteht diese Datenbank aus der Datengruppe (Satz) pro „Bodentyp“, in der unbegrenzte Anzahlen von Parametern aufgenommen werden können. Diese Parameter sind in thematisch zusammengehörigen „**Informationsebenen**“: Boden/Bodenwassermerkmale, Landnutzung und Klima gespeichert¹⁵.

Aufgrund der geringen räumlichen Ausdehnung der Untersuchungsgebiete sind die Informationsebene Landnutzung bzw. Biotoptypen und Informationsebene Klima mit der Informationsebene Boden korreliert, so dass aufgenommene Bodendaten eine große „**Informationenebene Boden**“ in der Datenbank darstellen.

Die Bewertung von Bodenfunktionen erfordert jedoch die Auswahl und Aufnahme bodenphysikalischer und -chemischer Parameter. Die Datenbank, die auf die umfassende Bewertung der Bodenfunktionen in dieser Arbeit abgestimmt wurde, enthält die notwendigen Bodenkennwerte. Hierbei handelt es sich einerseits um direkt aus den Erläuterungen der KA5 zu entnehmende Parameter (z.B. Bodentyp, Bodenart etc.), andererseits beinhaltet die Datenbank Parameter, die nach entsprechenden Methoden (Tabellen) berechnet werden müssen (z.B. nFK, nFKWe etc.). Mit den so gewonnenen Parameter werden neue thematische Ebenen (thematic Layers) definiert, die in einer Bodenfunktionskarte dargestellt werden können.

Es ist erwähnenswert, dass die angegebenen Daten in der Datenbank nicht als absolute Zahlen aufgefasst werden dürfen. Sie stellen vielmehr „Mittelwerte“ dar, die mit Hilfe von Ableitungs- und Analysemethoden von bodenkundlichen Daten ermittelt werden. Die Abb. 8 zeigt die schematisierte und vereinfachte Struktur der Basisdatei als Bestandteil eines Geographischen Informationssystems zur Bewertung von Bodenfunktionen.

¹⁵ Es fehlt hier die Informationsebene „Relief“, sie stellt keine Relevanz für Stadt Berlin dar.

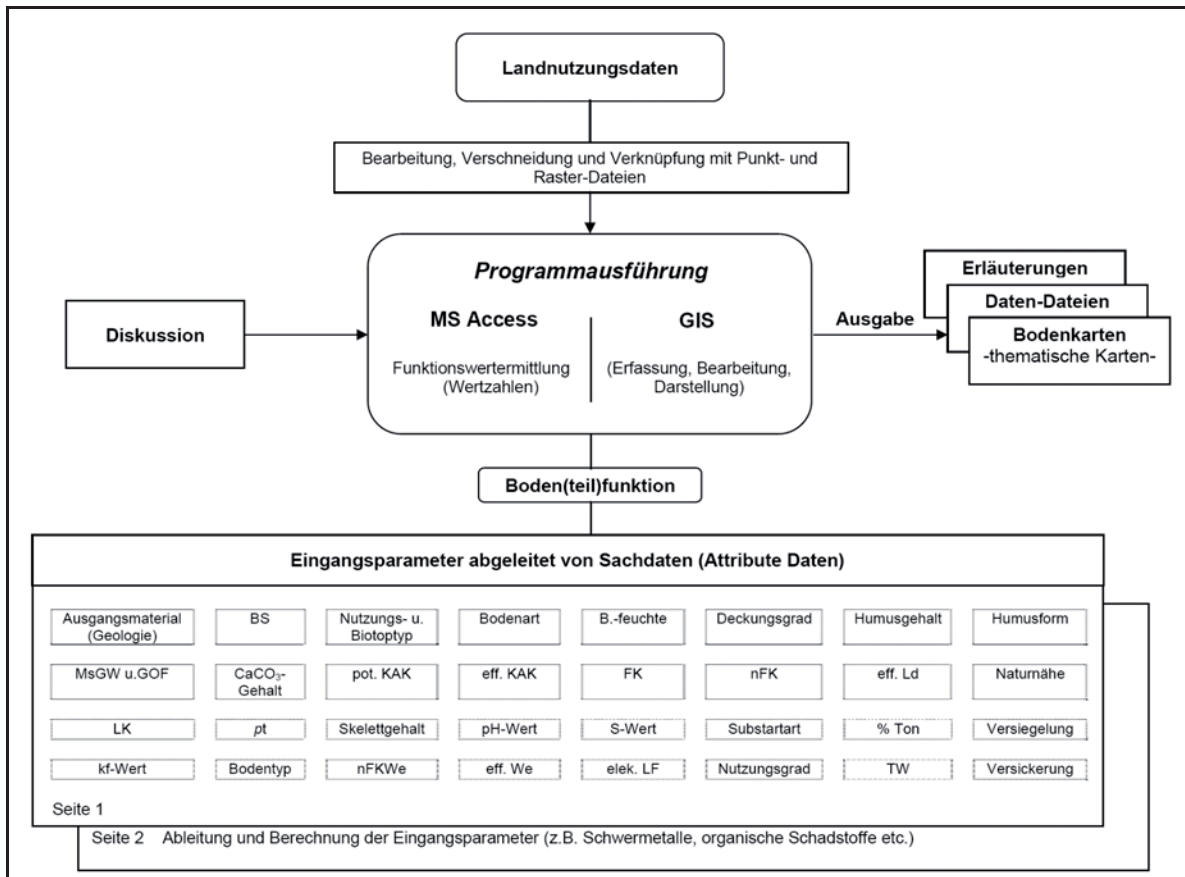


Abb. 8: Schematisierte und vereinfachte Struktur der Sachdaten in der Datenbank als Bestandteil eines Geographischen Informationssystems zur Bewertung von Bodenfunktionen.
(Quelle: eigene Darstellung nach RASCHKE, 1992)

8.1.2 Aufbau der Informationsebene Boden

8.1.2.1 Herkunft der bodenkundlichen Parameter und Problematik ihrer Erfassung

Böden sind komplexe Naturkörper. Um sie möglichst vollständig erfassen zu können, haben sich gewisse Standards zur Bodenaufnahme entwickelt (z.B. SCHLICHTING et al., 1995; Ad-hoc-AG Boden, 2005). Dazu verschafft man sich durch „Grabung“ oder „Bohrung“ Zugang zu einem **Bodenprofil**, also einem Vertikalschnitt von der Geländeoberfläche bis zum Ausgangsgestein. An ihm lassen sich unterschiedliche horizontale Lagen ausweisen, die als „**Bodenhorizonte**“ bezeichnet werden. Diese werden einzeln detailliert beschrieben und gegebenenfalls für weitere Analysen beprobt (Abb. 9).

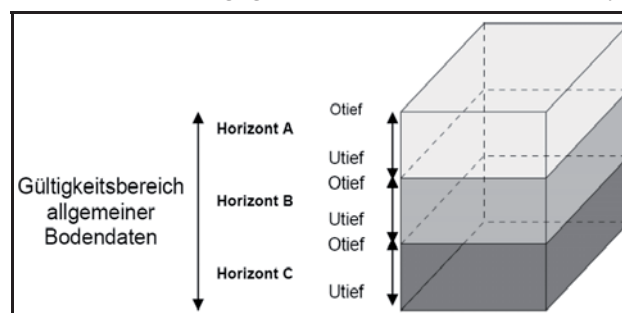


Abb. 9: Schichtaufbau des Bodens
(Quelle: PFAU, 2000)

Die Daten eines Bodenprofils können folglich in „**allgemeine Bodendaten**“ und „**horizontbezogene Bodendaten**“ unterteilt werden. Die allgemeinen Bodendaten gelten uneingeschränkt für den Standort (Bohrpunkte bzw. Profile), an dem sie aufgenommen wurden, die horizontbezogenen Daten nur innerhalb eines bestimmten Horizonts.

Obwohl allgemeine und horizontbezogene Bodendaten korrelieren, ist es nicht möglich, die horizontbezogenen Bodendaten eindeutig aus den allgemeinen Bodendaten abzuleiten. Allerdings können Angaben über die Horizonte gemacht werden. Beispielsweise ist durch Kenntnis des Bodentyps (ein allgemeines Bodenattribut) die Horizontabfolge festgelegt, da ein Bodentyp dadurch charakterisiert ist. Genauere Angaben über die Attributdaten der einzelnen Horizonte oder ihre genaue Lage im Boden sind aber nicht möglich. Es können lediglich grobe Angaben über die Horizontabfolge und ihre ungefähre Lage gemacht werden.

Allgemeine Bodendaten wiederum können teilweise aus den horizontbezogenen Bodendaten abgeleitet werden. Theoretisch wäre es sogar möglich, alle allgemeinen Bodendaten aus der Kenntnis der Horizonte zu bestimmen, da der Boden aus den Horizonten zusammengesetzt ist. In der Praxis werden allerdings einige der allgemeinen Bodeneigenschaften bereits vor Ort, also bei der Aufnahme des Bodenprofils, durch Fachpersonal bestimmt und nicht mehr durch die Eigenschaften der Horizonte verifiziert. Bei Kartierungen an verschiedenen Standorten können Bodenprofile aufgenommen werden, die nur geringe, für die jeweils kartierten Testflächen nicht relevante, Unterschiede der Erhebungen von Böden aufweisen. Den quasi gleichen Standorten werden dieselben Bodenprofile zugewiesen.

Auf horizontbezogene Bodendaten werden „**Methoden**“ angewendet, die horizontbezogene Bodendaten miteinander in Beziehung setzen und aus den aufgenommenen und ermittelten Primärinformationen implizit darin enthaltene Sekundärinformationen ableiten. Hierzu zählt beispielsweise die Ableitung von Parameter zur Bodenbewertung. Für allgemeine Bodendaten existieren bisher keine bestimmten Methoden. Der Bohrpunkt bzw. das Bodenprofil wiederum besitzt Attribute (Bodenkenndaten), die aus den allgemeinen und horizontbezogenen Bodendaten, aus denen das Bodenprofil zusammengesetzt ist, mithilfe verschiedener Methoden abgeleitet werden. Diese Methoden benötigen als „**Eingangsdaten**“ sowohl die allgemeinen und die horizontbezogenen Bodendaten, als auch Informationen über die Lage der Horizonte im Boden.

Für die „**Informationsebene Boden**“ wurden als Eingangsdaten in den Untersuchungsgebieten durch Bodenkartierung aufgenommene Daten zur Verfügung gestellt. Diese Daten sind im Einzelnen:

- allgemeine Bodendaten
- horizontbezogene Bodendaten
- Informationen über die Lage der Bohrpunkte und Profile in den bereits vorliegenden Karten (z.B. Verschneidung der erhobenen Bodendaten mit den bereits vorbereiteten georeferenzierten Karten in Koordinaten).

8.1.2.2 Datenaufbereitung

Der Bedarf an bodenkundlichen Informationen, insbesondere in Hinblick auf Anforderungen von Bodenfunktionsbewertung und Vollzug des Bodenschutzes, erfordert die Bereitstellung entsprechender bodenkundlichen Sachdaten.

Der Boden verfügt über verschiedenartigste Eigenschaften und Funktionen, für deren Kennzeichnung und Bewertung „Eingangsparameter“ benötigt werden, die auf Grundlage der vorhandenen Bodeninformationen abzuleiten bzw. bereitzustellen sind.

Für die Ableitung bodenkundlicher Parameter aus den Bodeninformationen (den Attributdaten) existiert eine Reihe von plausiblen methodischen Ansätzen. Die Bearbeitung und Schätzung flächenbezogener bodenkundlicher Datensätze basiert hier auf einer Methode zur Ableitung bodenkundlicher Parameter (chemische und physikalische Kennwerte), die in der Regel durch die KA5 und die anderen erläuterten methodischen Ansätzen ermöglicht werden. Diese wird für natürliche (naturnahe) Bodenfunktion von Stadtböden entwickelt und erprobt. In Tab. 22 (siehe Anlagen) werden die insgesamt für die Bewertung von Bodenfunktionen nach den vorliegenden Bewertungsmethoden abgeleiteten bodenkundlichen Parameter und die implementierten und durchzuführenden Methoden zu ihrer Erfassung innerhalb der Informationsebene Boden benannt. Dabei wurde versucht, soweit möglich, auf die Methoden der KA5 zurückgreifen, da diese allgemein anerkannt sind und zu reproduzierbaren Ergebnissen führen¹⁶. Soweit die KA5 für einzelne Parameter (z.B. für die Austauschfähigkeit des Bodenwassers) keine Methoden vorschlägt, wurde auf anerkannte Verfahren anderer Autoren verwiesen (z.B. auf Vorschläge des Berliner Verfahrens).

Mit den dargestellten Methoden ist die Ableitung aller Parameter möglich. Der Detaillierungsgrad der Ableitung liegt dabei zwar unter der „Genauigkeit“ von Laborbestimmungen, wird aber mit Bezug auf die „Fragestellungen“ der Arbeit als ausreichend genau angesehen.

Fehlen jüngere bodenkundliche Datengrundlagen, dann kann auf die Schätzung der Bodendaten zurückgegriffen werden. Mithilfe der vorliegenden Gutachten zur Bodenkartierungen sowie Beschreibungen von vorliegenden Daten der Testgebiete können die Bodeneigenschaften abgeschätzt werden (bodenkundliche Aufarbeitung und Auswertung), die eine Bodenfunktionsbewertung ermöglichen.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in den Testgebieten nur Mineralböden vorliegen. Daher beschränken sich die Ableitungen auf diese Bodentypen.

Die einzelnen Eingangsparameter, die innerhalb der bodenkundlichen Datenbank aufbereitet sind, werden nachfolgend erläutert. Soweit es erforderlich erscheint, werden kurze Hinweise zu diesen abgeleiteten Parametern gegeben. Die begrenzte Feldgröße für die Begriffsaufnahme in die Datenbank erforderte eine Verkürzung.

¹⁶ Der Bezug zur bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) hat hier den Vorteil, dass auf eine in der Bodenkunde anerkannte Methode zur Erfassung und Beschreibung von Böden zurückgegriffen werden kann und dass die KA5 eine Hilfstabelle für die hier benötigten Parameter enthält.

Die für die weitergehende Bewertung der Funktion „Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen“ notwendigen Parameter und Berechnungen werden in den entsprechenden Kapiteln dargelegt. Diese Daten werden auf der zweiten Seite des jeweiligen Satzes der Datenbank verwaltet (vgl. Abb. 3).

Abweichungen von der konventionellen bodenkundlichen Nomenklatur erforderten für vorliegende Arbeit in bestimmten Fällen eine Anpassung.

1 Aus.gestein

Die Angabe zum geologischen Ausgangsgestein für die Bodenbildung und Entwicklung der Bodentypen (Bodengesellschaften wurde in gekürzter Form in die Datenbank) übernommen. Die Angabe „Bodenausgangsgestein“ wurden entsprechend der Gliederung der KA5 als Lockersedimente bezeichnet.

2 B.-typ

Die Angabe des vorherrschenden Bodentyps entspricht den Erläuterungen der KA5. Die Bodentypen ergeben sich aus dem Erscheinungsbild, der Horizontabfolge und -mächtigkeit. Aufgrund des anthropogenen Einfluss stehen diese Bodentypen nicht isoliert, so dass in einem Profil die Bodentypen des Profils verschiedene charakteristische Bodentypen genannt.

3 B.-art 1, B.-art 2

Die Angabe der Bodenarten der einzelnen Horizonte entspricht den Erläuterungen der KA5. Die Angabe steht für Feinbodenarten nach ihren Fraktionen und Grobboden. Da die Bodenarten im Oberboden (0 - 30 cm) und Unterboden (30 < - 100 cm) aufgrund der Bodenentwicklung und Nutzung meist unterschiedlich sind, werden diese in der Datenbank, insbesondere für das Berliner Verfahren, differenziert.

4 o.-Sub.

Die Angabe der organischen Substanz für die genutzten Böden (Mineralböden) entspricht den Erläuterungen der KA5. Die organische Substanz wurde auch im Gelände und im Labor (Glühverlust) bestimmt.

5 CaCO₃-G.

Die Angabe der Karbonatgehalt erfolgte entsprechend den Erläuterungen der KA5. Der CaCO₃-Gehalt der obersten Horizonte wurde in M.-% im Labor ermittelt. Der Karbonatgehalt wurde im Gelände für das ganze Profil untersucht.

6-8 pot.KAK, eff.KAK, S- Wert, BS

Die Angabe der potenziellen Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot.}) wird analytisch im Labor bestimmt. Die fehlenden Angaben von KAK_{pot.} werden nach KA5 in Abhängigkeit von Bodenart und organischen Substanz abgeleitet (Abschätzung).

Effektive Kationenaustauschkapazität KAK_{eff.} (KAK_{eff.} des Humusanteils und KAK_{pot.} der Bodenart) wird aus der Bodenart nach KA5 berechnet. Für Berliner Verfahren wird die KAK_{eff.} im Oberböden und Unterböden abgeleitet.

S-Wert für die entsprechende Nutzung wird nach KA5 berechnet (vor allem Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺).

Die Basensättigung (BS) wird nach KA5 berechnet und in einer Klassifizierung fünfstufig eingeordnet, wobei pH-Wert zur Abschätzung, insbesondere in Berliner Verfahren, herangezogen wird.

9-12 FK, nFK, LK, TW

Die Parameter Feldkapazität (FK), nutzbare Feldkapazität (nFK), Luftkapazität (LK) und Totwasser (TW) wurden entsprechend der Erläuterungen der KA5 in Abhängigkeit von Bodenart, Trockenrohdichte und organischer Substanz abgeleitet. Die Abzüge und Zuschläge nach KA5 (2005, S.347) erfolgten zur nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraums, zur Feldkapazität FK Profil und Luftkapazität aufgrund höherer Gehalte an organischer Substanz in Abhängigkeit vom Tongehalt sowie von Profilbesonderheiten.

13 eff. Ld

Der Parameter effektive Lagerungsdichte (Ld) für die mineralischen Bodenhorizonte (Mineralböden) ergibt sich nach KA5 aus der Rohdichtetrocken (pt) und dem Tongehalt in Masse-% (T).

14 B.-skelett

Die ermittelte Angabe des Bodenskeletts für den Horizont entspricht den Erläuterungen der KA5 umgerechnet in Vol.-% in der Summe sämtlicher Fraktionen.

15 Subs.-art

Die Angabe der Substratart entspricht den Erläuterungen der KA5. Die Substratart ergibt sich aus dem Merkmal der Substratgenese, CaCO_3 -Gehalt, Gesamtbodenart und Bodenausgangsgestein.

16 % Ton

Die ermittelte Angabe des prozentualen Tongehaltes des Bodens wurde aus der Bodenart nach KA5 abgeleitet. Im Hinblick einer später konservativen Bewertung wurde bei Auftreten einer Bodenartenspanne die Bodenart mit dem geringeren Tongehalt zugrunde gelegt.

17 pH-Wert

Alle ermittelten pH-Werte (gemessen in CaCl_2 - Lösung) wurden im Labor bestimmt. Die Einordnung der pH-Werte ist identisch mit der pH-Wert-Einstufung der KA5

18 kf-Wert

Gesättigte Wasserleitfähigkeit (gWL) wurde nach Erläuterungen der KA5 in Abhängigkeit von Bodenart, Trockenrohdichte und effektiver Lagerungsdichte abgeleitet.

19 B.-feuchte

Die Bodenfeuchte wurde indirekt nach Erläuterungen der KA5 in Abhängigkeit von Feinbodenart und effektiver Lagerungsdichte abgeleitet.

20 MsGW u. GOF

Der Flurabstand des mittleren scheinbaren Grundwasserstandes (MsGW u. GOF) in dm unter Geländeoberfläche wird im Bereich des Grundwassers und des geschlossenen Kapillarraumes Wasser (Go-(Gw)-Horizont) nach Erläuterungen der KA5 in Abhängigkeit von der Bodenart abgeleitet.

21 D.-Grad

Der Deckungsgrad wurde als derzeitiger Bewuchs in der Umgebung des Aufnahmepunktes umfasst. Die Ableitung des Bedeckungsgrads entspricht den Erläuterungen der KA5.

22 N.-art

Die Angaben der Nutzungsart entsprechen den Erläuterungen der KA5

23 elekt. LF

Die Bestimmung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit wurde im Labor bestimmt und kennzeichnet summarisch den Gehalt an wasserlöslichen Salzen in Böden.

8.2 Anwendung der Methoden und Operationen in der Bodenbewertung

8.2.1 Datenerfassung

Vor dem Beginn der Bearbeitung von Bodendaten im GIS bedarf es der folgenden GIS- und kartographischen Grundlagen als „**Vorbereitungen zur Bodendatenerfassung**“. Die folgenden Schritte befassen sich mit den Vorbereitungen zum Datenimport:

- Erfassung der Punktdaten

Die Erfassung der Punktdaten basiert auf dem Import der Bodendaten in ArcGIS. Es führt zu einer Punktcovrage (Punkte-Layer) mit den Punkten, die Standorte der Bohrpunkte und Bodenprofile markieren. Diese Coverage weist später zu jedem Punkt die Attribute zum Standort und die Attribute pro Bodenprofil auf. Der Import erfolgt über die x-/y- Koordinaten (XY-Daten) aus der Tabelle der dBase-Datei (*.dbf)

- Geometrienbearbeitung (Geo-Daten)

- **Scannen, Entzerren und Georeferenzieren von Karten und Luftbilder:**

Die digitale Bereitstellung der Karten beginnt mit der Anfertigung eines Scans von dem Originaldruck¹⁷. Die eingescannte Karte wird als Bild im Tiff-Format als **Rasterdaten** abgespeichert, das aufgrund der guten Auflösung verwendet wird. Im Geographischen Institut der Humboldt-Universität zu Berlin stehen für die Bearbeitung digitaler Karten einschließlich der Georeferenzierung und Entzerrung die Programme der ESRI-Produktfamilie ArcGIS (Version 9.3) zur Verfügung. Das Bild (Rasterdaten-Karte) wird in zwei Schritten für die Digitalisierung vorbereitet: zuerst wird festgestellt, wo das Bild im Koordinatensystem platziert werden soll. Dazu werden hier den vier Eckpunkten des Bildes die entsprechenden Koordinaten im Soldner-System zugeordnet¹⁸. Folgende Daten wurden mit ArcGIS 9.3 georeferenziert:

- TK 1:5.000: Die verwendeten vektorbasierten topographischen Karten von Berlin, Maßstab 1:5000 (2003) bildet die Grundlage für den Einsatz von GIS
- Geologische Karten, Maßstab 1:1:10000.
- Luftbilder, Maßstab 1:5.000
- Biotoptypenkarten, Maßstab 1:5.000
- Nutzungskarten, Maßstab 1:5.000, 1:10.000

- **Digitalisieren von Karten und Überprüfen im GIS:**

Die Datenerfassung beinhaltet die Digitalisierung der Punkt-, Linien- und Flächenobjekte (Geo-Daten oder Geometrien), die hier die **Vektordaten und Rasterdaten** darstellen, die in **getrennten Ebenen** (oft Layers genannt) gespeichert werden (z.B. „Bodeneinheiten (-typen)-Layer“, „Bohrpunkte- und Profillagen-Layer“ und „Nutzung-Layer“). Der größte Vorteil des Layer-Prinzips ist die mögliche Verknüpfung von Vektor- und Rasterdaten und die Hervorhebung relevanter Informationen (z.B. für Bodenfunktionskarten als thematische Karten).

In dem hier vorgestellten Verfahren erfolgt die Digitalisierung in ArcGIS-System ArcGIS 9.3 (manuelle Digitalisierung oder Bildschirmdigitalisierung). Die resultierende Information ist in dieser Form als GIS-Datensatz mit Punkt-, Linien- und Flächeninformationen anzusehen.

Als letzter Schritt in der Aufbereitung der Geometriedaten wird jeder der erzeugten Punkt-, Linien- und Flächeninformationen automatisiert ein „Identifikator“ (ID) in den Attributdaten-Tabellen zugeordnet, der in Hinblick auf die spätere Verwaltung und Analyse der Daten von entscheidender Bedeutung ist.

Die erzeugten GIS-Daten liegen nun in thematischen Informationsebenen (Layers) vor und können somit auch in dem ArcGIS weiterverarbeitet werden. Dieses Programm vereint die

¹⁷ Die Verwendung von möglichst schonend gelagerten Originalen (eben gelagert, nicht unter Sonneneinfluss, konstantes Raumklima) ist wichtig, um den Aufwand bei der Referenzierung zu minimieren. Bei Kopien besteht häufig die Möglichkeit, dass die Karte verfälscht wird. Kopierverzerrungen von einem Millimeter bedeuten im Maßstab 1:25.000 Differenzen von 25 m!

¹⁸ Das Soldner-System wird hier benutzt, weil die Bodenfunktionskarten 1:50.000, die im digitalen Umweltatlas publiziert werden, dieses Koordinaten-Systems (Soldner Berlin, Landeskoordinaten-Netz 88) haben. Es lässt somit diese Bodenfunktionskarten im Großmaßstab aktualisieren. (Aufgrund der Lage im Übergang von Gauß-Krüger Zone 4 zu 5 werden noch heute in Berlin Soldner-Koordinaten benutzt).

Grundfunktionalität einer GIS-Software mit weitreichenden Möglichkeiten zur Erstellung thematischer Karten (Bodenfunktionskarten) und bietet über diese Funktionalität die weiteren Applikationen in den folgenden Bearbeitungsstufen.

- Einbinden von vorhandenen Sachdaten-Tabellen im GIS und Geodatenbeständen im dBase-Format (Sachdatenimport und an vorhandene Geometrien anzuhängen)

Die den Geo-Daten zugehörigen Attributdaten-Tabellen (Sachdaten), die im dBase-Format (DBF) sind, werden in das geographische Informationssystem ArcGIS importiert (übertragen), mit Geometriedaten (Raster- und Vektordaten) und den dazugehörigen Sachdaten im dBase-Format eingebunden und editiert. Die Editierung beinhaltet die Definition neuer Datenbankfelder. Diese neu definierten Datenbankfelder ermöglichen die reinen Sachdaten (Bodentypen, Flächeninhalt in m², Flächenanteil an Gesamtfläche (%), System-ID, User-ID), die gleich beim Digitalisieren in die Tabelle eingetragen werden, mit neuen Sachdaten zu erweitern sowie die anschließenden Daten einzugeben. Die neuen Attributdaten stellen hier einige berechnete und abgeleitete Eingangsparameter als Flächendaten von Bodenbohrpunkte- und Bodenprofilbeschreibungen für die Untersuchungsgebiete dar, z. B. die Mächtigkeit der ersten Bodenartschicht in cm (Oberboden „B.-art 1“) und die Mächtigkeit der zweiten Bodenartschicht in cm (Unterboden „B.-art 2“)¹⁹. Innerhalb der Sachdaten-Tabelle ermöglicht ArcGIS eine Dateneingabe für jedes der ergänzten Datenbankfelder. Dabei wird direkt je Fläche (Bodentyp) oder Punkt (Bodenprofil) ein Wert eingetragen.

8.2.2 Datenbearbeitung (Verwaltung und Analyse)

Die Bearbeitung der Datensätze erfolgt mittels des Geographischen Informationssystems auf der bereits bei der Datenaufbereitung der durchgeführten Vektor- und Rasterbasis (Geodaten und ihre Attribute) in der Datenbank in Abhängigkeit von der räumlichen Auflösung der Eingangsdaten. Diese Eingangsdaten müssen teilweise aus unterschiedlichen Quellen in das System integriert, selber erhoben oder an andere Systeme weitergegeben werden.

In ArcGIS 9.3 lassen sich bei der Datenverwaltung und -analyse, die den umfangreichsten Bestandteil der GIS-gestützten Bodenbewertung in dieser Arbeit darstellen, zwei Methoden zu unterscheiden: „**Manipulation**“ (z. B. Geoverarbeitung oder Geoprozessing), die vollständig neue Daten aus bestehenden Daten (Geometrien) erzeugt oder die originale Daten verändert und „**Abfrage**“ (Query), die keine neue Daten erzeugt und die vorhandenen Daten auch nicht verändert. Diese Methoden (Analyseoperationen) zur Datenanalyse dienen der Problemlösung der Bodenbewertung mit dem ArcGIS, damit sie auf die Fragestellungen der Analyse von Sach- und Geometriedaten antworten können. Somit sind im Rahmen dieser Arbeit die geometrischen Verschneidungen (Überlagerungen) neben den Abfragen die wichtigsten Bearbeitung- und Analysewerkzeuge zu Untersuchung der Bodendaten in den Untersuchungsgebieten.

Dementsprechend zeigt die Abb. 7 (siehe Anlagen), dass die Datenbearbeitung - ebenso wie die Eingabe - auf zwei Ebenen abläuft (symbolisiert durch den Linientyp der Beziehungspfeile). So

¹⁹ Diese ergänzten Datenbankfelder werden in der Sachdaten-Tabelle benannt oder aufgenommen, weil einige Bewertungsmethoden die Bodenfunktionen nur im Oberboden bewerten.

beschränkt sich die Analyse der graphischen Bestandteile (Punktlinie) auf Verschneidungen (Manipulation), die Sachdatenanalyse (Strichlinie) beinhaltet neben der Verschneidung die Anwendung der Bewertungsmethoden zur Teilfunktionsermittlung sowie Verknüpfung (Join) der Ergebnisse mit den Ursprungsdaten.

Die Selektion von zu bearbeitenden Bodendaten kann hier sowohl nach geometrischen Gesichtspunkten als auch nach den „Kriterien der Bodenbewertung“ vorgenommen werden, die sich auf die Sachdaten beziehen und auch anzuwenden sind.

Die typischen Beispiele der Bearbeitungs- und Analysewerkzeuge bei der Bodenbewertung werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

8.2.2.1 Überlagerung und Verschneidung (Overlay)

Die Verschneidungsmethode beschränkt sich hier auf die Verschneidung von Boden- und Nutzungsdaten. Die räumliche Lage der Objekte ist für die Bodendaten und Nutzung durch Polygone (Rasterdaten), für die Lage der Profile durch Punktdaten gegeben. Es gibt demnach zwei mögliche Kombinationen von Verschneidungen, die sind:

- Verschneiden (Intersect) der Layer „Boden“ und „Nutzung“ (Rasterdaten mit Rasterdaten)
- Verschneiden (Identity) der Layer „Boden“ und „Nutzung“ (Punkt mit Fläche)

Im Folgenden wird als Beispiel das **Verschneiden (Intersect) der Rasterdaten mit Rasterdaten** erläutert:

Die geometrischen Informationsebenen (Eingabe-Layer) „Boden“ und „Nutzung“ liegen als Polygone vor (Flächen). Es werden hier Bodendaten (Flächen) mit Nutzungsdaten (Flächen) verschnitten. Das Ausgangsergebnis (Ausgabe-Layer) ist hier eine neue Geometrie (Rasterdaten). Dieses trifft sowohl für die Geometrien (Geo-Daten) als auch für die Sachdaten (Attribute) zu. Als Grundlage zu dieser Verschneidung dienen die Daten, wie sie in der Abb. 10 zu sehen sind. In dieser Abbildung sind die Grenzlinien der Boden- und Nutzungsdaten mit ihren Attributen dargestellt.

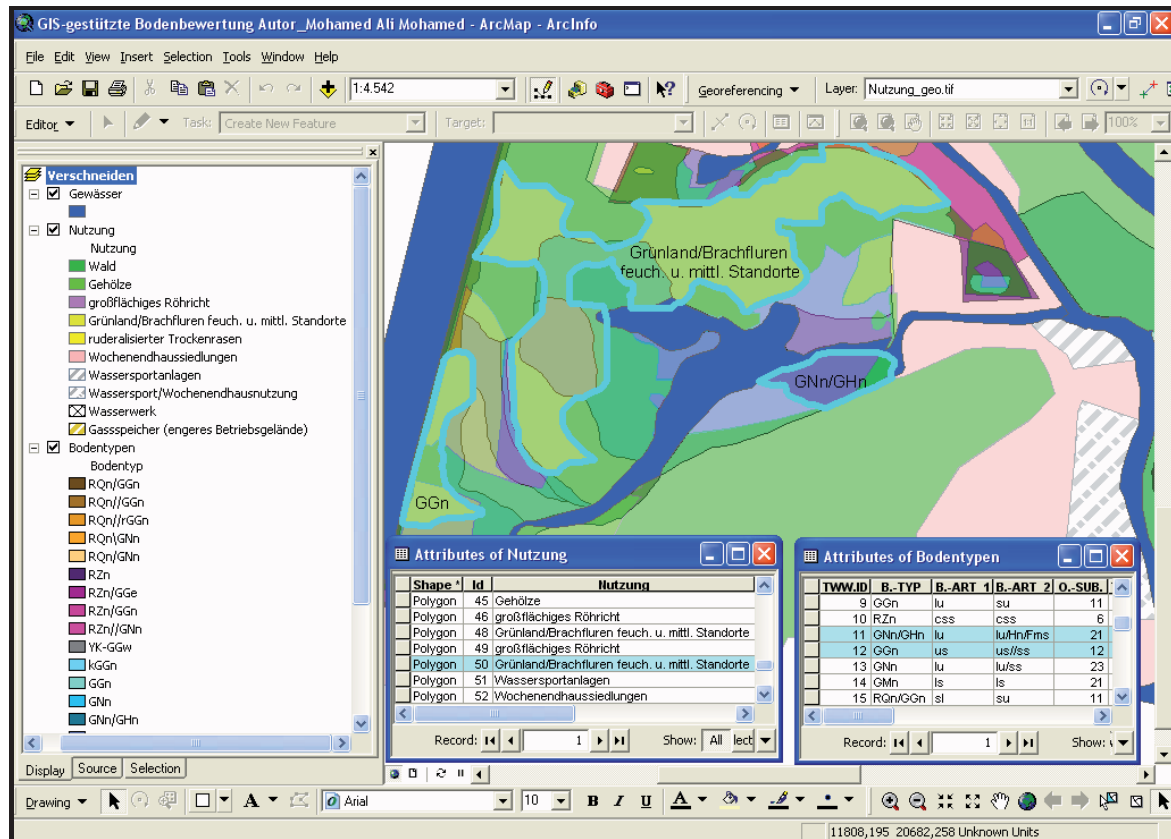


Abb. 10: Boden- und Nutzungsdaten im Rasterformat in ArcGIS
(Quelle: eigene Darstellung)

Das Ergebnis dieser Verschneidungsmethode für die Boden- und Nutzungsdaten zeigt die Abb. 11. Hierbei werden die beiden Layers „Boden“ und „Nutzung“ (Eingabe-Layer) zu einem Ausgabe-Layer verschnitten (Überschneiden). Nur die Features im gemeinsamen Bereich der beiden Layer „Boden“ und „Nutzung“ werden verschnitten und in den Ausgabe-Layer (Intersect-Output) übertragen, die Features außerhalb des gemeinsamen Bereiches dagegen ignoriert. Der Ausgabe-Layer enthält die Attribute der beiden Eingabe-Layer „Boden“ und „Nutzung“. Die markierten Daten in der Attributen (Sachdatentabelle) bezieht sich auf die markierten Flächen.

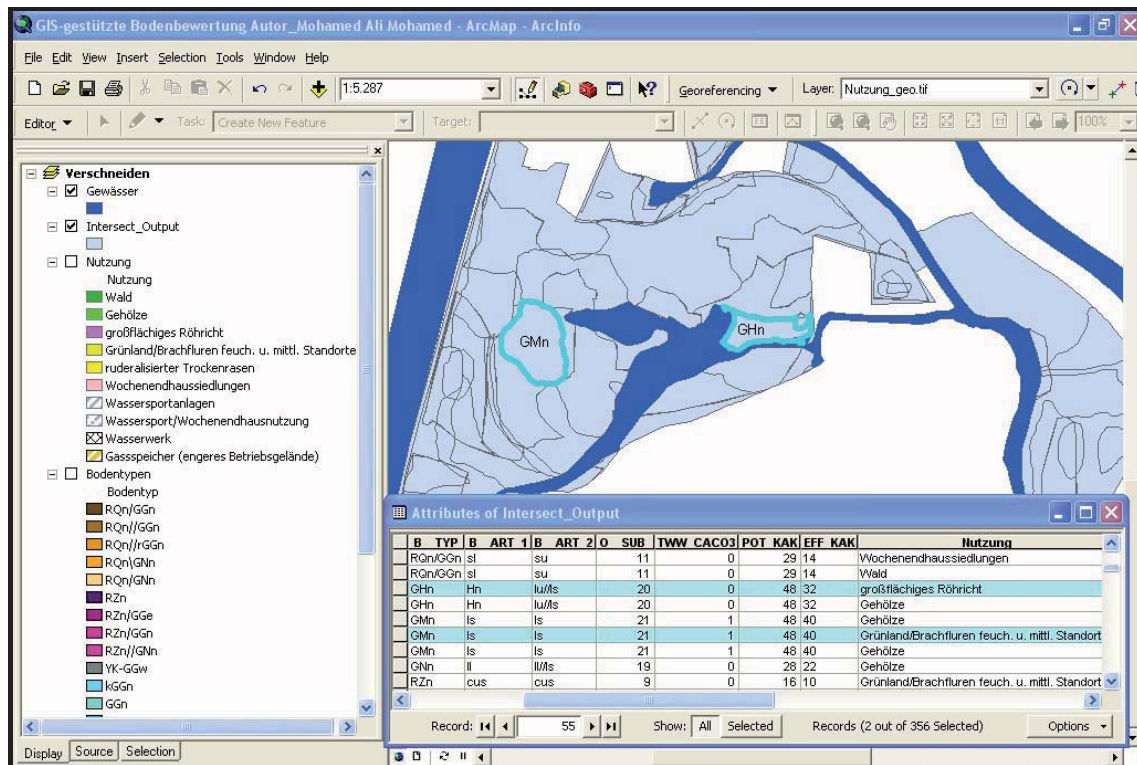


Abb. 11: Verschnitt (Überschneiden) von Boden- und Nutzungsdaten im Rasterformat in ArcGIS am Beispiel des Untersuchungsgebiets Tiefwerder Wiese
(Quelle: eigene Darstellung)

Die Verschnidung von Boden- und Nutzungsdaten ist abhängig von der Notwendigkeit der für die Durchführung der Bodenfunktionsbewertung erforderlichen Parameter (vgl. Kapitel 4.3). Z.B. werden für die Ermittlung der Funktionen „Lebensraumfunktion für naturnahe und seltene Pflanzengesellschaften“ (BE 1.1) und Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen (HH 1.4) die Boden- und Nutzungsdaten benötigt. Hierbei stellt die verschnittenen Datenebenen (Layers) bei der Ermittlung dieser Funktionen eine „Datenbasis“ dar, um die Wertzahl „Nutzung“ als erforderlichen Eingangsparameter für die Bewertung des Kriteriums „Naturnähe“ abzuleiten. Außerdem können mit Hilfe der Attribute dieser Datenbasis Abfragen über die Nutzung der Böden vorgenommen werden.

8.2.2.2 Berechnung der Flächengrößen und Feldwertberechnung

ArcGIS bietet eine gute Lösung zur Berechnung oder Ableitung einiger benötigter bodenkundlicher Parameter, insbesondere solcher Parameter, die nach angegebenen Formeln berechnet werden können. Die folgenden Schritte, die einige Aspekte der Datenanalyse in ArcGIS darstellen, zeigen beispielhaft die implementierten und durchzuführenden Methoden zur Ableitung von Parametern innerhalb der „Informationsebene Boden“ mithilfe des GIS (ArcGIS 9.3):

- Flächengröße-Berechnung (Calculate Area):

Die Berechnung der Flächengrößen der Bodentypen oder Bodengesellschaften in m² in ArcGIS 9.3 kann mit Flächengröße-Berechnung (Calculate Area)-Operation in der Attributtabelle erfolgen. Die Flächengröße-Berechnung ist hier sehr wichtig, um die Bodenfläche aller Bewertungswertstufen zu

bestimmen. Da die Karteneinheit „Meter“ ist, wird die berechnete Fläche hier in Quadratmeter angegeben.

- Feldwert-Berechnung:

Die Berechnung der Eingangsparameter wird mit der „Feldberechnung“ (Field Calculator) in der Attributtabelle im ArcGIS nach der entsprechenden Formel in der KA5 vorgekommen (z. B. $KAK_{pot.} [cmol_c / kg] (Bodenart) = 0,5 \cdot Tongehalt + 0,05 \cdot Schluffgehalt$).

8.2.2.3 Datenabfragen (SQL-Abfragen)

Mit Hilfe der einheitlichen SQL-Abfragesprache (*Structured Query Language*) und der Tabellen-Berechnung (Field Calculator) in ArcGIS wird beispielweise der $KAK_{eff.} [cmol_c / kg]$ des Oberbodens für Bewertung des Kriteriums „Nährstoffversorgung“ in der Gruppe „Naturnähe“ nach einem entwickelten Verfahren bestimmt (mit Hilfe eines logischen Ausdrucks auf die Attributdaten). Um mit dieser Methode gezielt nach bestimmten Bodendaten (Parametern) suchen zu können, müssen die geforderten Bedingungen formuliert werden und in geeigneter Form als Frage an die Attribute-Tabelle der Datenbank gestellt werden.

Die $KAK_{eff.} (Oberboden) = KAK_{pot.} \text{ der Bodenart} + (KAK_{eff.} \text{ der Humusschicht} \times \text{Mächtigkeit des humosen Oberbodens} [cm] / 30)$ (GERSTENBERG & SMETTAN, 2005, S. 31 u. 32). Die Bestimmung der $KAK_{eff.}$ des Oberbodens wurde in den folgenden Schritten durchgeführt:

1- Bestimmung der Mächtigkeit des humosen Oberbodens durch SQL-Abfragesprache (Abb. 12)

- Für den Oberboden wird eine Tiefe von 0 - 30 cm angenommen
Wenn die Mächtigkeit der Humusschicht > 30 cm
Mächtigkeit des humosen Oberbodens = 30 cm (gesamter Oberboden)
sonst
Mächtigkeit des humosen Oberbodens = Mächtigkeit der Humusschicht.

2- Berechnung der $KAK_{pot.}$ der Bodenart) und $KAK_{eff.}$ der Humusschicht wird durch die Funktion Field Calculator durchgeführt (Abb. 13).

- $KAK_{pot.} (Bodenart) = 0,5 \cdot Tongehalt + 0,05 \cdot Schluffgehalt$ (nach KA5)
- $KAK_{eff.} (Humusschicht) = KAK_{pot.} (Humusschicht) \cdot pH\text{-Faktor}$ (nach KA5)
- $KAK_{pot.} (Humusschicht)$ wurde nach der Tab. 9 aus der KA5 abgeleitet.

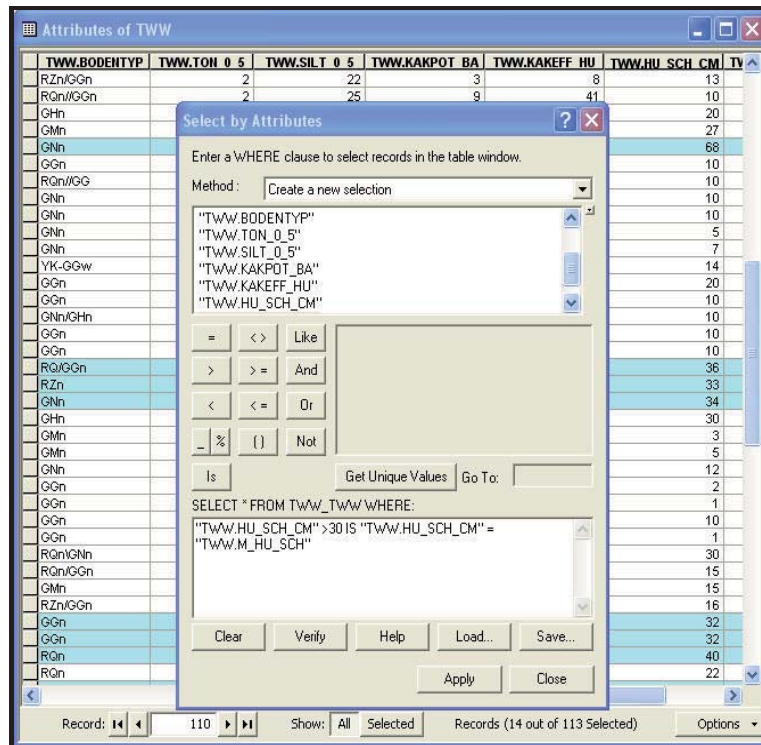


Abb. 12: Abfrage zur Bestimmung der Mächtigkeit des humosen Oberbodens am Beispiel der Bodentypen der Tiefwerder Wiese aus den bestimmten Datensätzen durch Abfragesprache SQL im GIS
(Quelle: eigene Darstellung)

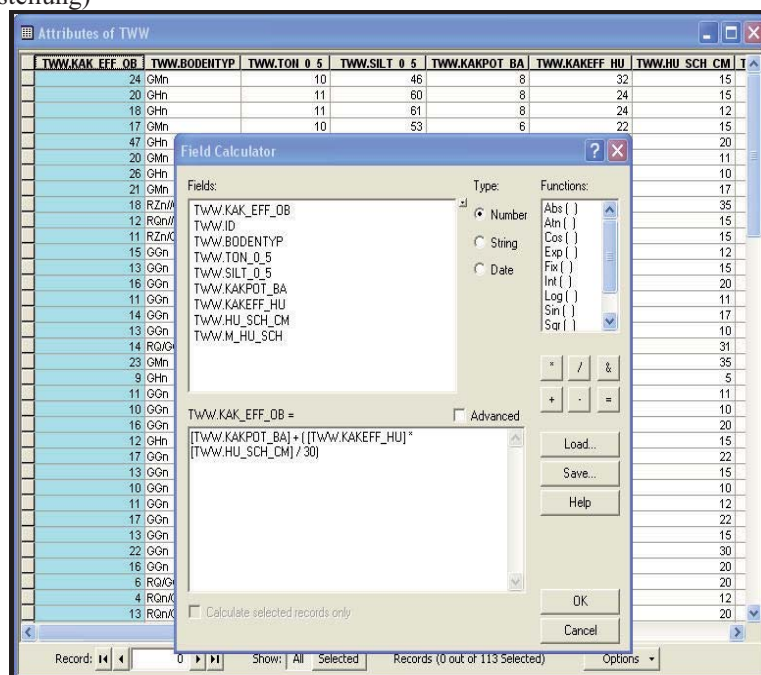


Abb. 13: Feldwert-Berechnung der KAK_{eff} des Oberbodens am Beispiel der Bodentypen der Tiefwerder Wiese aus den Datensätzen durch Tabellen-Berechnung (Field Calculator)
(Quelle: eigene Darstellung)

8.2.2.4 Datenexport

Immer wieder wird es im Rahmen der Bearbeitung der Bodendaten vorkommen, dass die in ArcGIS bearbeiteten Daten aus den Sachdatentabellen (Attribute-Tabellen) exportiert werden müssen,

entweder die ganze Tabelle (z.B. Flächengröße der Bodentypen oder Bodengesellschaften) oder nur Teile davon (z.B. die KAK_{eff} des Oberbodens). Erzeugt wird beim Export eine dBase-Datei (Export-Output.dbf)

Diese mit Erweiterung *.dpf exportierten Tabellen lassen sich wieder von Excel und ArcGIS nach Datenbankprogramm MS Access exportieren und mit der Datenbank (Datenbankmodul) verknüpfen. Also können das ArcGIS und MS Access sehr gut mit der Datenbank zusammenarbeiten, um die Eingangsparmeter abzuleiten und die Bewertungsstufe (Wertzahlen) zu ermitteln.

8.2.2.5 Anwendung der Bewertungsverfahren in der Bodendatenbank zur Funktionswert-ermittlung

8.2.2.5.1 Herstellung der Beziehungen zwischen den Tabellen der Informationsebene Boden

Damit die Informationsebene Boden mit Microsoft Access aufgenommen und die Eingangsparameter mit Hilfe der Werkzeuge aufbereitet werden können, werden zuerst die Entitäten²⁰ in der Informationsebene Boden bestimmt und die Relationen zwischen den Entitäten festgelegt. Schließlich werden die Relationen gebildet, in dem die entsprechenden Tabellen verbunden werden. Die Daten, die in Beziehung gesetzt werden sollen, stammen auch aus der SQL-Abfrage in dieser Datenbank.

Als Datenbankprogramm wurde hier Microsoft Access benutzt, da dieses neben dem leistungsfähigen Datenbankmodul Möglichkeiten zur Benutzeranpassung durch die eigene „Programmiersprache Access-Basic“ sowie Kompatibilität zu dBase-Datenbanken aufweist. Die Verwendung des Datenbankprogramms Microsoft Access gewährleistet auch durch die aktive Überprüfung der referenziellen Integrität eine bessere Datenqualität. Die Abb. 14 zeigt die Beziehungen zwischen den Tabellen zur Verknüpfung von Bodeninformationen für die Ableitung von Eingangsparametern am Beispiel der Informationsebene Boden des Untersuchungsgebiets Tiefwerder Wiese (Spandau) (Microsoft Access-Ableitung). Einige Verknüpfungen wurden durch den Nachschlage-Assistenten erstellt.

²⁰ In der Datenmodellierung ein Begriff ähnlich dem Objekt

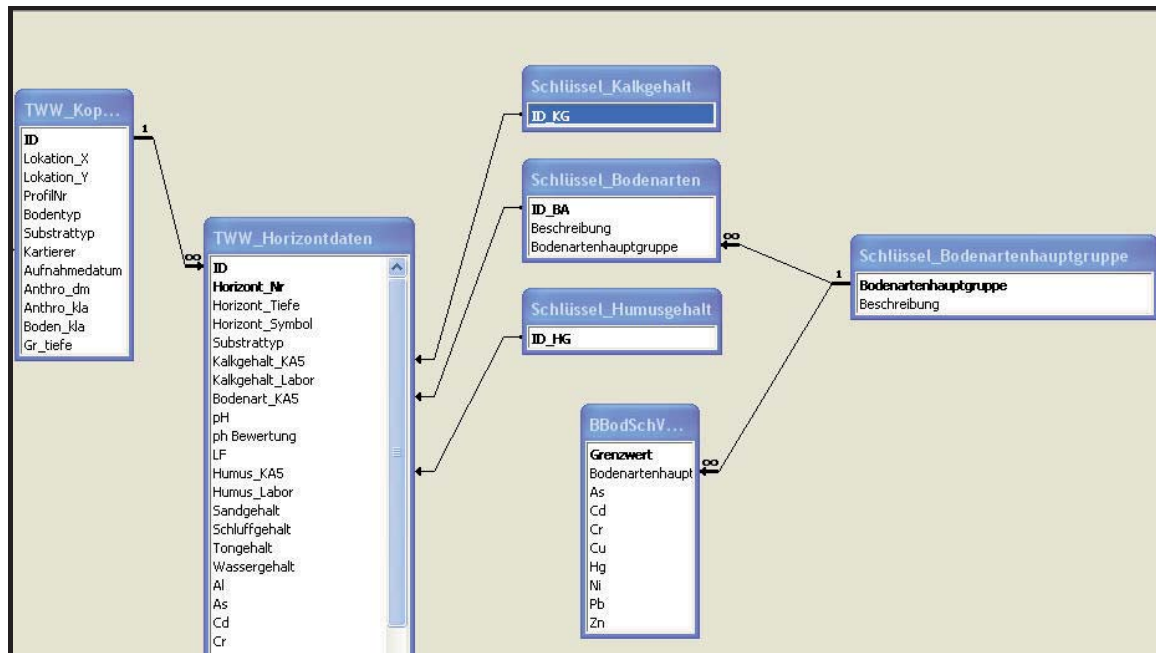


Abb. 14: Beispiel eines vereinfachten logischen Datenmodells im Microsoft Access für das Untersuchungsgebiet Tiefwerder Wiese (Spandau)
(Quelle: eigene Aufstellung)

Die abzuleitenden bodenkundlichen Parameter der Informationsebene Boden und ihre gebildeten Relationen werden in einem externen systematischen Schema aus fünf Klassen vorgestellt (Abb. 15, siehe Anlagen).

8.2.2.5.2 Ermittlung der Bewertungsergebnisse in der Datenbank

In diesem Abschnitt werden die in Kap. 4.3 beschriebenen und aufbereiteten Bewertungsmethoden angewendet, um die Funktionswerte der einzelnen Bodenfunktionen zu ermitteln. Die Transformierung der Bewertungsmethoden in die Bodenbewertungsdatenbank in Microsoft Access benötigt einen bestimmten Aufbau der Datenstruktur in dieser Datenbank (Abb. 16).

Wie aus Abb. 16 zu entnehmen ist, umfasst der Aufbau der Bodenbewertungsdatenbank den Kern und die Schlüsseltabellen. Der Kern stellt hier die drei Typen von Abfragen Verknüpfungen, Wertermittlungen über logische Verknüpfungen und Formelberechnungen dar. Die Eingangsdaten werden in diesen Kern importiert und über die Schlüsseltabellen miteinander verknüpft und analysiert, um im Anschluss Ergebnistabellen (Teilfunktionswerte) zu liefern und diese mit den Sachdatentabellen (Attribute) der Geometrien im ArcGIS zu verknüpfen (Join).

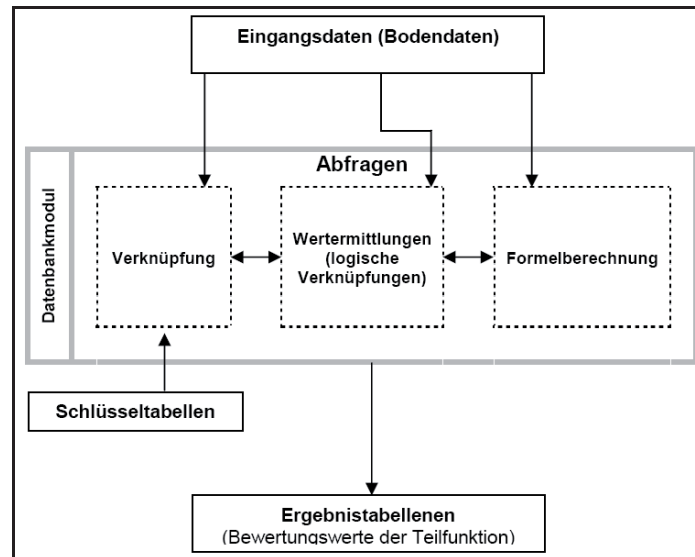


Abb. 16: Aufbau der Datenstruktur in der Bewertungsdatenbank MS Access
(Quelle: Geschwinder, 1997, modifiziert)

Die Abb. 17 und 18 zeigen den Abfrageentwurf und das daraus resultierende Datenblatt für die Bodeteilfunktionen (Wertstufen).

Funktionen : Auswahlabfrage

Laboregebnisse: NaerBew, NrkBew30, Versick, AustaStufe, Austausch

Profildaten: Mikrorelief, Lage im Relief, Nutzungsart, Vegetation, Witterung

Feld:	Bodensystematische	Rechtswert_x	Hochwert_y	LebnatStufe	LebkultStufe	FilPufStufe	AustaStufe	SchadStmax
Tabelle:	Profildaten	Profildaten	Profildaten	Laboregebnisse	Laboregebnisse	Laboregebnisse	Laboregebnisse	Laboregebnisse
Sortierung:								
Anzeigen:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kriterien:								
oder:								

Abb. 17: Entwurfsansicht der Tabellenerstellungsabfrage zur Ermittlung der Bewertungswerte der Bodenteilfunktionen nach dem Berliner Verfahren
(Quelle: eigene Darstellung)

Funktionen : Auswahlabfrage

Profilnummer	Bodensystematische Einheit	Rechtswert_x	Hochwert_y	LebnatStufe	LebkultStufe	FilPufStufe	AustaStufe	SchadStmax
1	RQc	4595077	5816055	1	1	3	2	3,00
2	RQ	4595180	5816060	1	1	3	2	3,00
3	SS-RQ	4595199	5815977	1	1	3	3	3,00
4	RQ	4595114	5815959	1	1	3	3	3,00
5	RQ/IBB	4595288	5816071	1	1	3	2	3,00
6	RQ/IBB	4595303	5815997	1	1	2	2	3,00
7	RQ/IBB	4595403	5816077	1	1	3	2	4,00
8	RQ/ILF	4595510	5816085	1	1	2	2	4,00
9	RQ/ILF	4595615	5816091	2	1	2	2	3,00
10	RQ	4595729	5816092	1	1	3	3	3,00
11	LF	4595828	5816102	2	1	3	3	3,00
12	RQc	4595738	5815973	1	1	3	2	3,00
13	RQc	4595630	5815966	1	1	3	2	3,00
14	RQ	4595520	5815980	1	1	3	2	3,00

Datensatz: 5 von 125

Abb. 18: Datenblattansicht der Tabellenerstellungsabfrage zur Ermittlung der Bewertungswerte der Bodenteilfunktionen nach dem Berliner Verfahren
(Quelle: eigene Darstellung)

8.2.2.6 Verknüpfung der Geometrien und ihre Bodendaten mit den Wertzahlen der Bodenbewertung

Um die aus der relationalen Datenbank als Ergebnistabellen stammenden Bewertungswerte der Teilfunktionen in den thematischen Karten darstellen zu können, müssen diese Bewertungsergebnisse an die vorhandenen Geometrien und ihre Sachdaten (Attribute) in ArcGIS angehängt werden (Join). Diese Verbindung wird im Folgenden erläutert:

- Die benötigten Ergebnistabellen aus der MS Datenbank werden exportiert und in das dBase-Format Konvertiert. Erzeugt wird somit eine dBase-Datei.
- Nach der Konvertierung in das dBase-Format werden die Ergebnistabellen mit den entsprechenden Geometrien (Geo-Daten) durch ein gemeinsames Attribut (Schlüssel-feld) in ArcGIS verknüpft. Die Attribute-Tabelle der Geometrien, die die Eingangsdaten (z. B. B.-art 1, B.-art 2) enthält, wird dabei durch die Operation *Join* um die Attribute der verknüpften Ergebnistabelle erweitert. Also sind die Funktionswerte der Bodenbewertung in einem thematischen Layer enthalten und so grafisch darstellbar.

Für das hier ausgewählte Thema (GIS-Projekt) „Bodenfunktionsbewertung“ wird jetzt in ArcGIS ein sogenanntes „Shapefile“ abgelegt, das aus den Geo-Daten (Geometrien) und aus den Sachdaten (Attributen) besteht. Es enthält somit alle aus der Informationsebene Boden stammenden „Funktionswerte“, die für die Bewertung der „Boden(teil)funktionen“ innerhalb von ArcGIS notwendig sind.

8.2.3 Gesamtbewertung und Darstellung der Bewertungsergebnisse in den thematischen Karten

Um die jeweiligen Ergebnisse der Bodenbewertung beurteilen zu können, ist es häufig erforderlich, diese in thematischen Karten darzustellen und zu interpretieren. Aus diesem Grund spielt die Visualisierung der Ergebnisse mit den Methoden der Kartographie, insbesondere die Auswahl der geeignetsten Formen der Darstellung, eine zentrale Rolle bei der Arbeit mit einem GIS (Abb.19).

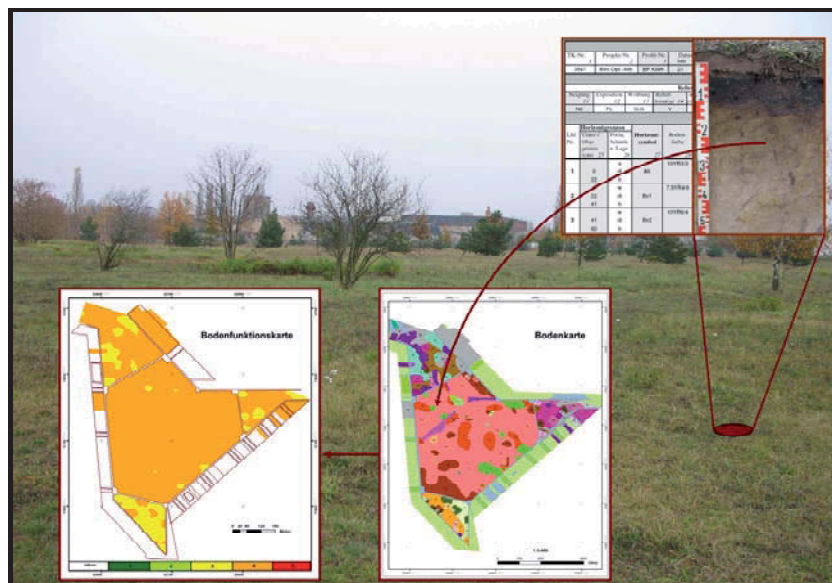


Abb. 19: Darstellen von Bodeneigenschaften und Bodenbewertung in thematischen Karten (Quelle: eigene Darstellung)

Im System ArcGIS 9.3 werden neben den Bewertungsgrundlagen (Bodendaten und ihre Zusammenhänge) die Bewertungsergebnisse mit dem Ziel in einer graphischen Darstellung visualisiert, um dem Betrachter auf einen Blick die räumlich zugeordnete Klassifizierung und Identifizierung der Bodenfunktionen zu ermöglichen. Außerdem zeigt die Darstellung der Bewertungsergebnisse in thematischen Karten (BFK), insbesondere die Farbgebung, dem Betrachter das Gesamtergebnis der bodenschutzfachlichen Bewertung und lässt gleichzeitig die Abwägungsempfehlungen aus bodenschutzfachlicher Sicht ableiten.

ArcGIS 9.3 stellt somit die Möglichkeit der Darstellung der verschiedenen Werte von Sachdatentabellen durch eine unterschiedliche Vielzahl von Werkzeugen und Methoden bereit, um die Aufgabe der Visualisierung von Bodenbewertungsergebnisse zu lösen.

Im Folgenden wird der Funktionsumfang, der zur kartographischen Darstellung der Bewertungsergebnisse bereitgestellt wird, erläutert und anhand von Beispielen verdeutlicht:

- Die Darstellung der Bewertungsergebnisse wird vorzugsweise in thematischen Karten (Bodenfunktionskarte BFK) im Großmaßstab erfolgen. Um diese thematische Karte herstellen zu können, muss jedes Untersuchungsgebiet zuerst in Teilflächen gleicher, in sich einheitlich aufgebauter, Bodenflächen unterteilt werden. Diese Einteilung basiert auf der Grundlage von Grenzen der Bodentypen. Die auf diese Weise ausgewiesenen einheitlichen Boden-flächen müssen weiter unterteilt werden, wenn innerhalb einer Bodenfläche (Bodentyp) Bereiche unterschiedlicher Bewertungsstufen existieren. Hier werden die Bewertungsergebnisse interpoliert und auf diese Teilflächen übertragen. Aufgrund der Bodendaten-bankstruktur und mit Hilfe der Analysefunktionen ist in ArcGIS 9.3 diese Unterteilung möglich, vgl. Abb. 20.

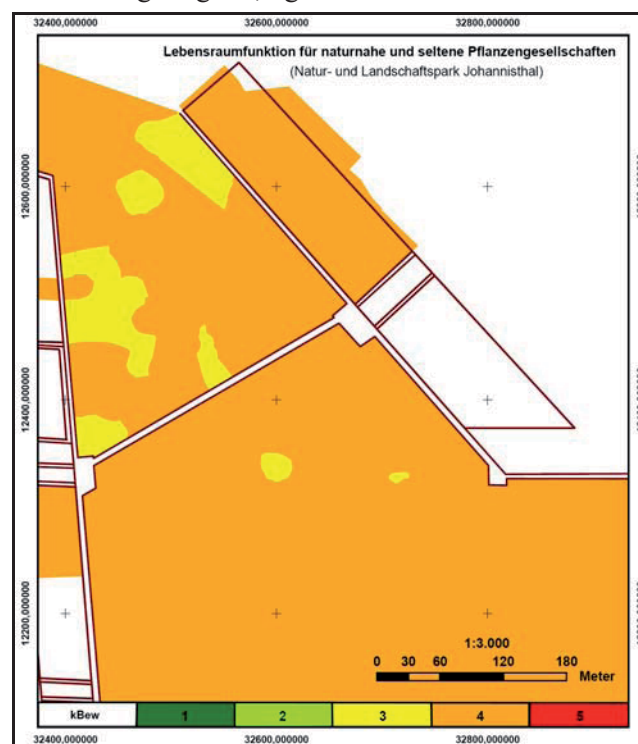


Abb. 20: Kartographische Darstellung der Bodenbewertung in einer thematischen Karte am Beispiel der Lebensraumfunktion für naturnahe und seltene Pflanzengesellschaften im Natur- und Landschaftspark Johannisthal (Kartenausschnitt)
(Quelle: eigene Darstellung)

- Die Bewertung der einzelnen Bodenfunktionen erfolgt auf einer **fünfstufigen Skala**. Die Wertigkeit dieser Bewertung wird anhand der Farbgebung unterschieden.

Damit für den Betrachter die einzelnen Bewertungsergebnisse der Boden(teil)funktion sichtbar und für die Abwägung verfügbar bleiben, wurde die Farbgebung für sämtliche Funktionen beibehalten und nicht für einzelne Funktionen geändert. Die Abb. 21 zeigt die Legende für die thematischen Bewertungskarten mit den fünf genannten Bewertungsstufen.

Funktionserfüllung (Bewertung der Leistungsfähigkeit)

1	2	3	4	5
sehr gut	gut	mittel	schlecht	sehr schlecht

Abb. 21: Fünfstufige Skala zur Bewertung der Bodenteilfunktionen, gleichzeitig Legende für die Bewertungskarten der Boden(teil)funktionen
(Quelle: eigene Darstellung)

- Kartographisch ist die Wahl der richtigen Signaturen für die Darstellung der Daten eine der wichtigsten Entscheidungen bei Erstellung einer thematischen Karte. Dabei stellt ArcGIS 9.3 die Möglichkeit bereit, die Ergebnisse der Bodenbewertung durch verschiedene Symbole, Schraffuren oder Farben in den Geometrien automatisiert darzustellen: Für die Ergebnisse der Bodenbewertung bietet sich somit für jede der fünf Bewertungsstufen eine andere Schraffur oder Farbe an. Die Zuordnung der Bewertungsstufen zu verschiedenen Schraffuren oder Farben wird in ArcGIS mit Hilfe der Symbology in ArcMap (Layer Properties) vorgenommen. (Abb. 22).

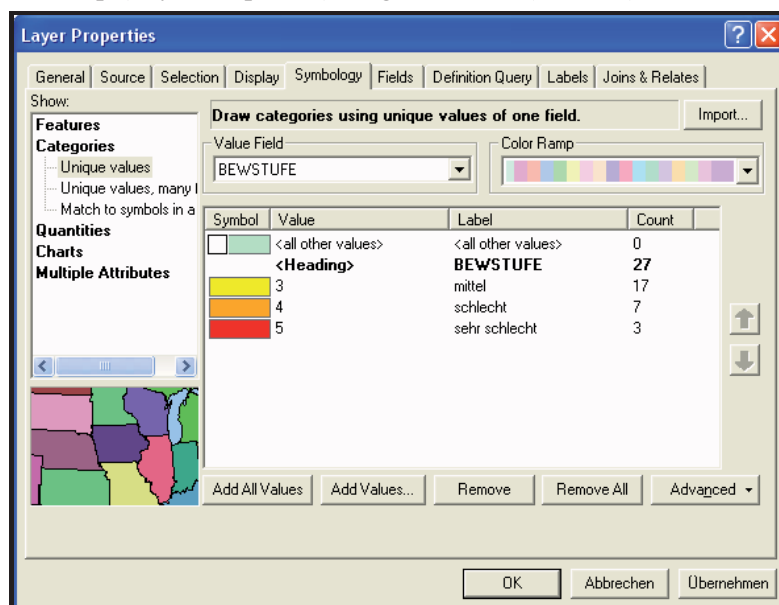


Abb. 22: Symbology der Bewertungs-ergebnisse in ArcGIS 9.3 nach der fünf-stufigen Skala am Beispiel der Lebensraum-funktion für naturnahe und seltene Pflanzen-gesellschaften (LebNatBew) des Testgebiet Tempelhof
(Quelle: eigene Darstellung)

Derart zugeordnet werden die Bodenfunktionen farbdifferenziert in den thematischen Karten dargestellt und können in dieser Form am Bildschirm betrachtet werden (Abb. 23).

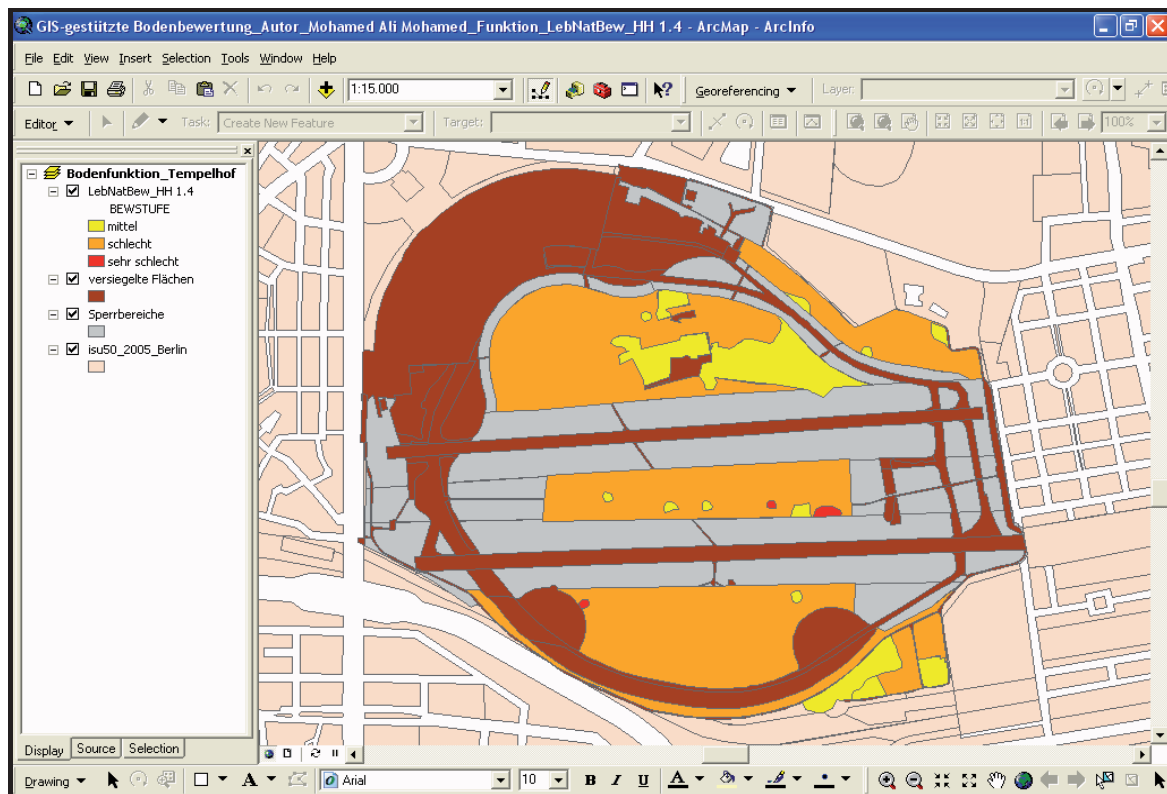


Abb. 23: Bildschirmdarstellung der Bodenfunktionsbewertung in ArcGIS 9.3 am Beispiel der Lebensraumfunktion für naturnahe und seltene Pflanzengesellschaften (LebNatBew) des Untersuchungsgebiets Tempelhof
(Quelle: eigene Darstellung)

- ArcGIS verfügt die Möglichkeiten, die Bewertungsergebnisse in den thematischen Bodenfunktionskarten kartographisch darzustellen, die Werte der Bewertungsstufen auf der „fünfstufigen Skala“ (vgl. Abb. 21) nach den Bewertungsmethoden abzulesen aus der Legende der Bodenfunktionskarte und aus diesen erstellten Bewertungskarten Schlussfolgerungen für größere Maßstäbe zu ziehen. Die Modelle der thematischen Funktionskarten, die durch GIS zur Verfügung gestellt werden, können permanent als Ausdruck/digital in gespeicherter Form oder nur vorübergehend als Anzeige auf dem Monitor mit verschiedenen Grundelementen der thematischen Kartographie (sinnvolle Maßstäbe, Symbole, Titel, etc.) vorkommen²¹. ArcGIS verfügt ebenso über die Möglichkeit, die Legenden und Beschriftungen für den Ausdruck dieser Funktionskarten zu erstellen.

- Bei der Ausgabe oder Präsentation von GIS-Daten wird das „Internet“ zunehmend wichtiger. Dieses schnelle und immer leichter auch aktuell zu haltende Medium ist gut geeignet, Geo-Daten zu präsentieren, z.B. könnten die großmaßstäbigen Bodenfunktionskarten dieser Arbeit in der digitalen Fassung in den Berliner Umweltatlas gestellt werden. Die in diesem Kapitel beschriebenen Schritte von der Datenerfassung bis hin zur Präsentation von Bewertungskarten der Bodenfunktionen werden in dieser Arbeit verwendet, um eine angemessene Bewertung der suburbanen Boden von Berlin durchzuführen. Die dabei erzielten und in Kap. 9 beschriebenen Ergebnisse der GIS-gestützten

²¹ Grundsätzlich gelten für diese Darstellungsformen die Gestaltungsprinzipien der klassischen Kartographie mit sinnvollen Maßstäben und Symbolen.

Bodenbewertung können (sollen) die Planungs- und Entscheidungsprozesse im Bodenschutz und in der bodenschutzorientierten Raumplanung unterstützen.

9 Vergleich der Bodenbewertungsverfahren bei der großmaßstäbigen Bewertung durch Erstellung von Bodenfunktionskarten

Die in diesem Abschnitt in der Maßstabsebene $\geq 1:10.000$ vorliegenden Bodenfunktionskarten als Ergebnisse der Bewertung von Bodenfunktionen werden fachlich in Abhängigkeit von den mehr oder weniger vergleichbaren Bewertungsmethoden in den drei Bundesstädten diskutiert. Kap. 9.1 erklärt die Idee und das Konzept der Erstellung der Bodenfunktionskarten und des Vergleiches von Bewertungsmethoden. In Kap. 9.2 werden die einzelnen Methoden zur Bewertung der Bodenfunktionen in den großmaßstäbigen thematischen Karten dargestellt, verglichen und fachlich unter dem Gesichtspunkt „Anforderungen an ein Bodenfunktionsbewertungssystem“ diskutiert.

9.1 Idee und Konzept der Erstellung und des Vergleiches der Bodenfunktionskarten

Die vergangenen Beschreibungen haben deutlich gemacht, dass die Herleitung eines allgemein anwendbaren Bewertungssystems zur großmaßstäbigen Bodenfunktionsbewertung durch die Herstellung der Bodenfunktionskarten und die Zusammenstellung der vorliegenden Ergebnisse aus dem Vergleich der für die drei Bundesstädte existierenden Bewertungsmethoden von Bodenfunktionen zu erzielen ist. Die Realisierung des Ziels zeichnet sich erst dann ab, wenn beide Wege miteinander kombiniert werden, also „die Herstellung der Bodenfunktionsbewertung und der Vergleich der Bodenbewertungsmethoden“. Als Voraussetzung für die Kombination der beiden Wege sollen die in Kap. 4 beschriebenen Bewertungsmethoden auf der Grundlage der zu Verfügung stehenden bodenkundlichen Datengrundlagen von Stadtböden benutzt werden. Die hierfür erforderlichen Methoden und Darstellungsverfahren sind zu entwickeln und zu verifizieren.

Im **Mittelpunkt** des vorzustellenden Konzepts steht die Herstellung einer großmaßstäbigen Bodenfunktionsbewertungskarte, deren Definition weit über die Darstellungsmethode von Bodendaten hinausgeht: Der Begriff „**großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertungskarte**“ dient hier zur Veranschaulichung einer (räumlichen) bodenkundlichen Datengrundlage, in die - im Gegensatz zu den Möglichkeiten kleinmaßstäbiger Bodenfunktionskarten - praktisch dargestellte und hochauflösende Bodendaten aufgenommen und gemeinsam für die Umsetzung von Auswertungen wie z.B. im Bodenschutz und in der räumlichen Planung genutzt werden können.

Der Vorgang der „Herstellung“ von großmaßstäbigen Bodenfunktionskarten gelingt durch die GIS- und kartographisch-gestützte Bearbeitung- und Darstellung der Bodendaten in der digitalen Datenbasis auf der Grundlage von praktischer Anwendung der in Kap. 4 beschriebenen Bewertungsmethoden der natürlichen Bodenfunktionen und Archivfunktion in den drei räumlich unterschiedlichen Flächen, die als Testgebiete von Berlin ausgewählt wurden. Diese großmaßstäbigen Bodenfunktionskarten liegen in der Maßstabsebene 1:5.000 - 1:10.000 vor.

Der „Vergleich“ der Methoden zur Bodenfunktionsbewertung in den drei Bundesstädten zeigt die durchgeführten Bodenkartierungen, die Bodenschätzung und die unterschiedlichen Besonderheiten zur Bodenfunktionsbewertung der städtischen Böden, insbesondere der Ausgangsmaterialien, die

Merkmalserfassung und die Bearbeitung von Datengrundlagen sowie die im Vergleich zur bisherigen Praxis veränderte technische Vorbereitung der Kartierung. Dadurch führt es zur fachlichen Ableitung von Eingangsparametern (Kennwerten) und speziellen Kriterien zur angestrebten großmaßstäbigen Bewertung von Bodenteilfunktionen für metropole Böden.

Für die Anwendung der Bewertungsmethoden der Bodenfunktionen werden hier in Abhängigkeit von vorliegenden und zur Verfügung stehenden „**Datengrundlagen**“ die folgenden Varianten unterschieden:

- **Anwendung von Daten der Bodenkartierungen (Landesaufnahme):** Die Bewertung erfolgt in der Regel auf Grundlage von „detaillierten Bodendaten“, die von Experten nach den Vorgaben der bodenkundlichen Kartieranleitung (z.B. KA5 - ad-hoc AG Boden 2005) im Gelände aufgenommen und verfügbar gemacht (maßstabsbezogene Daten aus aktuellen Bodenkartierungen bzw. Erhebungen) und falls möglich durch Laboranalysen ergänzt werden, zudem besteht bei nicht ausreichender Datengrundlage die Möglichkeit der Beschränkung auf bestimmte Funktionen.
- **Anwendung von nichtkartierten Daten (Bodenschätzung):** Falls Kartierdaten für die großmaßstäbige Bewertung einer Bodenfunktion in einem Anwendungsgebiet nicht ausreichend verfügbar sind (z.B. im Maßstabsbereich 1:10.000), können Daten mit entsprechendem bodenkundlichen Sachverstand näherungsweise aus „Sekundärquellen“ oder „Grunddaten“ nach der angegebenen Standardmethode abgeleitet und fachlich interpretiert werden. Z.B. wird die Versickerung im Zusammenhang mit der Bewertung von relevanten Bodenfunktionen durch eine auf anderen Datenquellen basierende Methode bewertet, so dass die Bewertung auf nichtkartierten Daten basiert (z.B. Karten).

Der „**Maßstab**“ der verwendeten Datengrundlagen zur Bewertung von Bodenfunktionen sollte den Anforderungen des jeweiligen Planungs- und Bodenschutzes genügen, wobei sich ein größerer Maßstab in einer Metropole wie Berlin für die „Flächennutzungspläne“ im Rahmen der hohen Nutzungskonkurrenz wählen lässt. Das bedeutet, dass hohe Anforderungen an eine flächenscharfe Bewertung bestehen.

Gemäß der Zielsetzung dieser Arbeit dient die GIS- und kartographisch gestützte Bearbeitung von Bodendatengrundlagen durch die Anwendung der Bodenbewertungsverfahren zur Funktionswertermittlung in der externen Datenbank einem zweifachen Zweck in der Bearbeitung und Darstellung von Bodendaten (vgl. Kap. 8.2.2.5). Zunächst erfüllte die Datenbearbeitung durch die Anwendung der erwähnten Bewertungsmethoden eine Begründung zur Ableitung von benötigten bodenkundlichen „Eingangsparametern“ in der großmaßstäbigen Funktionsbewertung in den Anwendungsflächen und bildet dadurch ein einheitliches umfangreiches Verfahren zur Erfassung von Bodendaten im Rahmen des städtischen Raums (als räumlich hochauflösende Quelle bodenbeschreibender Daten). Gleichzeitig eröffnet die großmaßstäbige Darstellung der aus verschiedenen Bodendaten stammenden „Funktionswerte der Bodenbewertung“ in den Bodenfunktionskarten die Möglichkeit der Umsetzung von Zielen der Bodenfunktionsbewertung.

Um eine Vergleichbarkeit der im Kap. 4 verfügbaren Methoden der drei Bewertungsverfahren aus Berlin, Hamburg und München zu ermöglichen, einen konkreten Anwendungsfall des Kriteriums für

bewertete Bodenteilfunktion auszuwählen und die Ergebnisse der großmaßstäbigen Bodenfunktionsbewertung in den Karten darzustellen, wurden hier die angewendeten Methoden in Gruppen geordnet (Tab. 25, siehe Anlagen). Dabei wurde versucht, nur Bewertungsmethoden mit gleichem Bewertungskriterium in einer Gruppe zusammenzufassen, und daher wurden die angewendeten Methoden nach gleichem Bewertungskriterium in 11 Gruppen geordnet. Außerdem wurde jede Methode mit einer Nummer und einem Zusatzbuchstaben gekennzeichnet. Bei der Differenzierung der Bodenteilfunktionen wurde der Sach- und Erkenntnisstand des Methodenkatalogs „Bodenfunktionsbewertung“ (AD-HOC-AG Boden, 2007) berücksichtigt und weiterentwickelt.

9.2 Anwendung der Bewertungsverfahren an einem Beispiel „suburbane Berliner Böden“

Nach GEITNER et al. (2007) sind mit dem verkürzt als „**Bodenfunktionsbewertung**“ bezeichneten Ansatz einige Schwierigkeiten verbunden, die sprachliche und methodische Präzisierung erfordern. An dieser Stelle müssen nochmals grundsätzlich die folgenden Punkte erwähnt werden:

- Grundsätzlich muss unterschieden werden zwischen stoffbezogenen und bodenbezogenen Bewertungsverfahren. Stoffbezogene Verfahren bewerten die Bodenbelastungen in Abhängigkeit von der Wirkung auf Mensch, Tier, Pflanze und Wasser. Hierzu gibt es z.B. in den Ländern Schweiz und Deutschland „Vorsorge-, Richt- und Maßnahmen/Sanierungswerte“. Die bodenbezogenen Verfahren bewerten dagegen die „Leistungsfähigkeit“ der natürlichen Bodenfunktionen, die im Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) aufgeführt werden.
- Es sind nicht die **Funktionen** des Bodens, die bewertet werden, sondern die **Leistungsfähigkeit** oder „funktionsbezogene Leistung“ einer bestimmten Bodeneinheit oder eines Bodentypes in Bezug auf eine der Funktionen.
- Die Bewertung bezieht sich daher auf ausgewählte **Teilfunktionen**, die über erforderliche **Kriterien** und **Bodenparameter** mit entsprechenden **Funktionswerten** der Bodenbewertung zu bewerten sind.

Um die Methoden zur Bewertung der einzelnen Bodenteilfunktionen klar darzustellen, sind den einzelnen Kapiteln die Bodenfunktionskarten beigelegt, in denen die Bewertungsergebnisse dargestellt und miteinander verglichen werden. Außerdem werden die Vergleichsaspekte der Bewertungsmethoden unter den in Kap. 6 bestimmten Gesichtspunkten „Anforderungen an Bewertungsverfahren“ diskutiert.

Es ist notwendig, zu beachten, dass die Möglichkeit des Vergleichs der Methoden HH 3.5, HH 3.6, HH 3.7, BE 3.2, MN 1.6 und MN 1.7 mit anderen Methoden aufgrund ihrer isolierten Stellung nicht gegeben ist. Aber hier ist die generelle fachliche Diskussion über die Bedeutung und Angemessenheit der verwendeten Eingangsparameter und Kriterien zur Bewertung der für jede Methode benannten Bodenteilfunktion wichtig.

9.2.1 Gruppe Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)

Für die Bewertung der Gruppe Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential) existieren zwei Methoden aus München (MN 1.6 und 1.7).

Die Leistung des Bodens als Standort für natürliche Vegetation (natürliches Biotoppotenzial) wird hier durch die „Erhöhung der Biodiversität“ bestimmt, wobei das hohe Potenzial zur Entwicklung von Trocken- oder Feuchtstandorten für Vegetation als hohe Leistungsfähigkeit bewertet wird. Dabei werden die Böden, die ein hohes „Potenzial als Trockenstandort“ aufweisen, hoch bewertet (anthropogen überprägte Böden u.ä.). Diese Böden können auf Grund ihrer geringen Wasserspeicherfähigkeit einen bevorzugten Standort für seltene, trockenheitstolerante Tier- und Pflanzengesellschaften bilden und dadurch zur Erhöhung der Biodiversität beitragen. In Umkehr des Potenzials als Trockenstandort werden die Böden, die ein hohes „Potenzial als Feuchtstandort“ aufweisen, hoch bewertet (Moore, Gleyböden, u.ä.), so dass diese Böden gute Voraussetzungen für die Entwicklung seltener Tier- und Pflanzengesellschaften aufweisen.

Die in die Bewertung einfließenden Eingangsparameter für die beiden angewendeten Methoden sind die mittlere nutzbare Feldkapazität im Durchwurzelungsraum nach der Bodenschätzung und der Skelettgehalt nach Kartierdaten (als nutzungsabhängiger Zuschlag). Die Tab. 26 veranschaulicht in einer Übersicht die Bewertung und Wertstufenbildung durch die Methoden der Gruppe Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential).

Tab. 26: Überblick über die Bewertung des „Potenzials als Trockenstandorts“ und des „Potenzials als Feuchtstandort“ und Klasseneinteilung bei der Wertstufenzuordnung durch die Methoden der Gruppe „Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)“

(Quelle: eigene Darstellung)

Methode/Wertstufe	Bewertung und Wertstufe				
	sehr gut	gut	Mittel	schlecht	sehr schlecht
	1	2	3	4	5
MN 1.6	Einstufung von Böden/Standorten entsprechend ihrer nutzbaren Feldkapazität (nFK) im Durchwurzelungsraum in Abhängigkeit vom Skelettgehalt. Die stark anthropogen überformten Böden werden hoch bewertet				
modifizierte nFKWe (nutzungsabhängige Anpassung)	≤ 30 mm	> 30 bis 60 mm	> 60 bis 140 mm	> 140 bis 220 mm	> 220 mm
Bodenform	-	-	-	Gleyböden	Moorböden
Nutzung	Gleisanlagen, Kiesgruben	-	-	-	-
MN 1.7	Einstufung von Böden/Standorten entsprechend ihrer nutzbaren Feldkapazität (nFK) im Durchwurzelungsraum in Abhängigkeit vom Skelettgehalt. Die stark grundwasserbeeinflussten Böden werden hoch bewertet				
modifizierte nFKWe (nutzungsabhängige Anpassung)	-	> 220 mm	> 140 bis 220 mm	> 60 bis 140 mm	bis 60 mm
Bodenform	Moorböden	Gleyböden	-	-	-
Nutzung	-	-	-	-	Gleisanlagen

Bewertungsergebnisse für Berliner Böden

- Potenzial als Trockenstandort (Methode MN 1.6)

Die Bewertungsergebnisse der Methode MN 1.6 werden in den Abb. 24 und 25 (beide siehe Anlagen) dargestellt. Die Abb. 26 verdeutlicht die Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen in den drei Testgebieten.

Hinsichtlich des Potenzials als Trockenstandort bewertet die Methode MN 1.6 die Bodenflächen des Testgebiets Natur- und Landschaftspark Johannisthal in zwei Wertstufen (Wertstufe 2 und 3). Ein hohes Potenzial als Trockenstandort (Wertstufe 2) tritt vor allem in den Böden, die durch die anthropogenen Bodenaufschüttungen wie Lockersyrosem, Pararendzina und karbonathaltiger Kolluvisol verändert wurden, auf. Die relativ weniger anthropogen beeinflussten Böden dieses Testgebiets weisen eine mittlere Bewertung auf (Wertstufe 3). Diese Böden besitzen einen Flächenanteil über 79 % der gesamten Fläche des Testgebiets.

Hinsichtlich des Potenzials als Trockenstandort werden die Böden des Testgebiets Flughafen Tempelhof in drei Wertstufen bewertet (sehr hoch bis mittel). Der Großteil der Fläche des Testgebiets ist als überwiegend hoch einzustufen (Wertstufe 2). Die Trockenstandorte, die entsprechend der extrem trockenen Bedingungen ausgewiesen wurden, sind in der Bewertungsklasse sehr hoch zu finden. In diesem Zusammenhang werden die Böden wie Ranker, Regosole, Pararendzinen und bedeckten Fahlerden aus anthropogenem Sand oder Lehmsand mit Schutt, die eine $nFK \leq 20$ aufweisen, als sehr hoch bewertet (Wertstufe 1). An einigen wenigen Stellen haben die Böden Ranker und Regosole über Fahlerden ein mittleres Potenzial als Trockenstandort (Wertstufe 3).

Weitgehend weisen die Böden des Testgebiets Tiefwerder Wiese ein geringes Potenzial als Trockenstandort auf. Allgemein wird das hohe Potenzial als Trockenstandort für anthropogen überprägte Böden (sandige Böden) ausgewiesen (Wertstufe 2 und 3). Dabei befindet sich das hohe Potenzial als Trockenstandort (Wertstufe 2) nur auf einer Teilfläche der Pararendzinen auf, während das mittlere Potenzial als Trockenstandort in den begrabenen Böden auftritt (Wertstufe 3). Diese sind hier die von Pararendzinen oder Regosolen begrabenen Gleye. Die grundwasserbeeinflussten Böden (Gleye) zeigen ganz allgemein geringe bis sehr geringe Bewertungen (Wertstufe 4 und 5).

Differenzierungsfähigkeit der Methoden (Aufteilung der bewerteten Flächen auf die Wertstufen)

Hinsichtlich der Wertigkeit tritt entsprechend der Methode MN 1.6 im Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal ein Schwerpunkt der Bewertung bei der Klasse 3, im Testgebiet Flughafen Tempelhof bei der Klasse 2 und im Testgebiet Tiefwerder Wiese bei der Klasse 4 auf. Es dominieren somit die Böden mittlerer Wertigkeit (Wertstufe 3, 79,1 %, 78,17 Flächen-%) im Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal und sehr hochwertige Böden mit der Wertstufe 2 (89,56 %, 84 Flächen-%) im Testgebiet Flughafen Tempelhof, während im Testgebiet Tiefwerder Wiese geringwertige Böden (Wertstufe 4, 77,88 %, 84 Flächen-%) vorherrschen. Daneben nehmen auch die Böden mittlerer Wertigkeit der Wertstufe 3 (18,58 %) großen Anteil ein (29,31 Flächen-%) (Abb. 26).

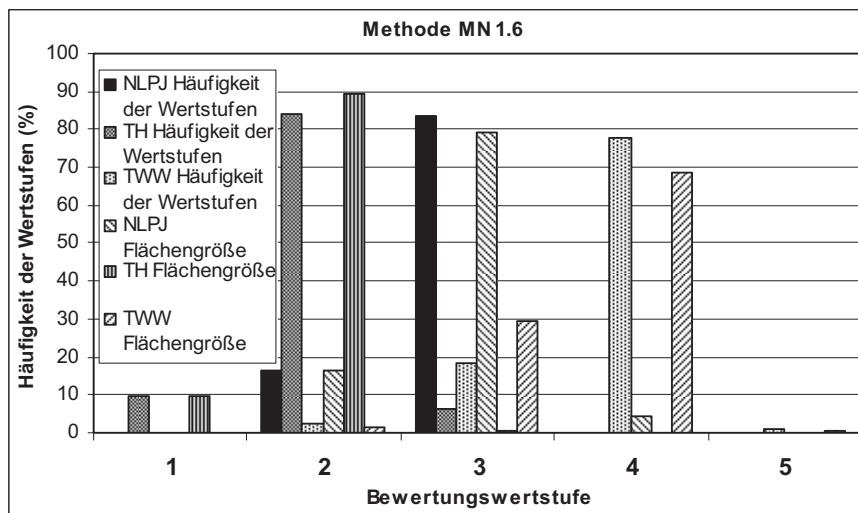


Abb. 26: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methode MN 1.6 der Gruppe „Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)

- Potenzial als Feuchtstandort (Methode MN 1.7)

Die meisten Böden des Testgebiets Natur- und Landschaftspark Johannisthal können in Bezug auf das Potenzial als Feuchtstandort entsprechend der Methode MN 1.7 als gering bezeichnet werden, so dass der Großteil dieses Testgebiets als gering bewertet (Wertstufe 4) wird. Das höchste Potenzial als Trockenstandort, das hier mit der Wertstufe 3 dargestellt wird, tritt nur auf kleinen Teilflächen der Böden aus anthropogen geprägten Substraten wie Pararendzina und von Regosol bedeckten Böden auf. Die geringste Bewertung tritt vor allem in den sehr stark anthropogen beeinflussten Böden wie Kolluvisol und von Lockersyrosem-Regosol und Pararendzina bedeckten Böden auf. Diese Böden erhalten die Wertstufe 5.

Die Ergebnisse der Bewertungen zeigen auch, dass im Testgebiet Flughafen Tempelhof ganz überwiegend mehr oder weniger stark anthropogen überprägte Böden der Wertstufe 5 vorherrschen. Also werden diese Böden sehr gering bewertet. Es befindet sich also keine Böden mit hoher Funktionsfähigkeit und nur wenige Standorte mit gering ausgeprägter Leistungsfähigkeit (Wertstufe 4) für das Potenzial als Feuchtstandort. Diese geringe Funktionsfähigkeit tritt in den Böden Ranker und Regosol über Fahlerden auf.

Die Gley-Böden im Testgebiet Tiefwerder Wiese, die sich durch einen lang anhaltenden hohen Grundwasserstand auszeichnen, werden vor allem im Bezug auf das Potenzial als Feuchtstandort als hoch bewertet (Wertstufe 2). Diese Böden weisen weitgehend unveränderte Horizontabfolgen auf. Aber sie sind wenig bis mäßig stark verändert wie kolluvial geprägter Gley bei dem mittleren Potenzial als Feuchtstandorte (Wertstufe 3). Die Böden aus anthropogen geprägten Substraten weisen aufgrund von menschlichem Einfluss, der anthropogenen Überprägung und ihres größeren Grundwasserflurabstands ein geringes Leistungspotenzial als Feuchtstandort auf. Diese Böden erhalten eine mittlere bis geringe Bewertung (Wertstufe 3 und 4) auf. Die geringste Bewertung (Wertstufe 5) tritt nur auf kleinen Teilflächen der Böden aus anthropogen geprägten Substraten wie Pararendzina und Regosol über Gley auf (Abb. 27 und 28, beide siehe Anlagen).

Differenzierungsfähigkeit der Methoden (Aufteilung der bewerteten Flächen auf die Wertstufen)

Die Verteilungshäufigkeit kann Abb. 29 entnommen werden. Die Verteilung der Häufigkeit der Bewertungswertstufen in den Testgebieten zeigt, dass der Großteil des Testgebiets Natur- und Landschaftspark Johannisthal allgemein größere Anteile geringwertiger Böden aufweist (Wertstufe 4, 78,18 %, 87,7 Flächen-%). Böden sehr geringer Wertigkeit sind nur zu einem geringen Anteil in der Wertstufe 5 vertreten (15,87 %, 8,9 Flächen-%). Die sehr geringwertigen Böden der Wertstufe 5 (94,4%) beinhalten nahezu die Gesamtfläche des Testgebiets Flughafen Tempelhof (97,87 % Flächen-%). Die Böden des Testgebiets Tiefwerder Wiese weisen hinsichtlich ihrer Wertigkeit drei Schwerpunkte auf. Es dominieren die hochwertigen mit der Wertstufe 2 (58,42 %, 59,68 Flächen-%). Daneben nehmen auch die weniger wertvollen Böden der Wertstufe 4 (16,81%, 29,77 Flächen-%) große Anteile ein. Böden mittlerer Wertigkeit (Wertstufe 3, 22,12 %) nehmen einen geringen Flächenanteil von 8,76% ein. Generell lässt sich sagen, dass das Potenzial als Feuchtstandort in den Testgebieten Natur- und Landschaftspark Johannisthal und Flughafen Tempelhof als gering und im Testgebiet Tiefwerder Wiese als hoch einzustufen ist.

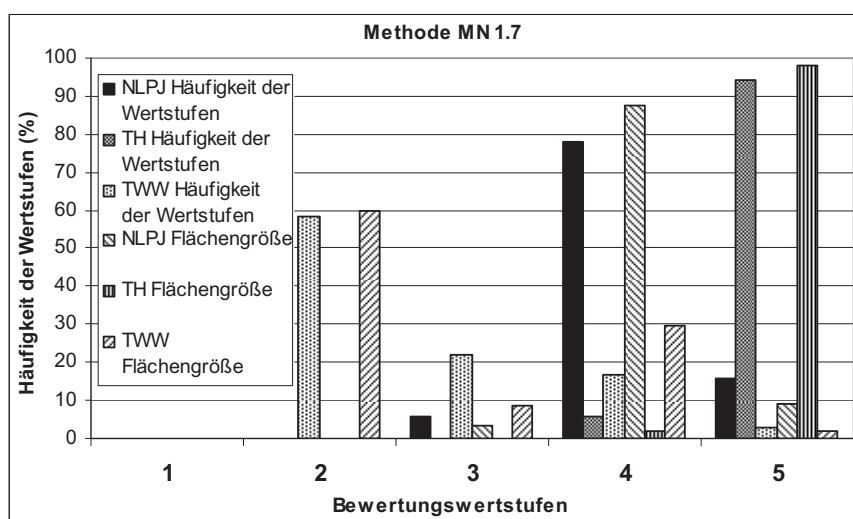


Abb. 29: Häufigkeitsverteilung der Bewertungs-wertstufen der Methode MN 1.7 der Gruppe „Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)“ in den Test-gebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)

- **Biotopentwicklungspotenzial** (aggregierte Bewertung der beiden Kriterien Potenzial als Trockenstandort und Potenzial als Feuchtstandort nach der Methoden MN 1.6 und 1.7)
Hinsichtlich der Erhaltung einer hohen Biodiversität entsprechend der beiden verwendeten Methoden (MN 1.6 und 1.7) weisen vor allem die feuchten oder grundwasserbeeinflussten Gleyböden im Testgebiet Tiefwerder Wiese und die trockenen, anthropogen geprägten Böden, die im Testgebiet Flughafen Tempelhof und bis zu einem gewissen Grad im Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal vorkommen, ein „sehr hohes“ oder „hohes“ Potenzial zur Entwicklung von Trocken- oder Feuchtstandorten auf. In diesem Sinne werden diese Böden als ökologisch wertvolle Standorte (Biotope) bewertet und sind besonders geeignete Standorte für die Biotopentwicklung.

Diskussion

- Eindeutiger Rechtsbezug

Da die Bedeutung des Bodens als Lebensraumfunktion sich vor allem aus den Pflanzen ergibt, ist die Anwendung des Bewertungskriteriums „Biotopentwicklungspotenzial“ im Prinzip für rechtliche Belange richtig. Da sich Tiere auch direkt oder indirekt wiederum von Pflanzen ernähren, ist die Bewertung des Bodens als Lebensraum für Tiere mit der Vegetation korreliert. Somit kann eine eigene Bewertung oder getrennte Berücksichtigung der Tiere nicht vorgenommen werden. Aber die Gültigkeit dieses Kriteriums bleibt im Rahmen der verwendeten Eingangsparameter für Bodenorganismen, insbesondere Mikroorganismen, unklar. Es ergibt sich aus dem Vorstehenden, dass das Kriterium „Biotopentwicklungspotenzial“ ein Hilfskriterium für die Bewertung des Bodens als Lebensgrundlage und Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen (BBodSchG § 2, Abs. 2, 1a) ist.

- Herkunft der Datengrundlagen

Die Anwendung der beiden Methoden (MN 1.6 und 1.7) für die Bewertung des Bodens zur Abgrenzung geeigneter Standorte für die Biotopentwicklung basiert vor allem auf der Bodenkartierung nach KA5. Die Nutzungen der Böden wurden aus den digitalen verfügbaren Nutzungs- und Biotoptypenkarten abgeleitet (Datenschätzung).

- Bestimmung relevanter Eingangsparameter

• Erfassung der Eingangsparameter

Die Ermittlung der in die Bewertung einfließenden Eingangsparameter (außer der nFKWe) ist problemlos. Aber diese Eingangsparameter benötigen eine Anpassung an die Methoden im Lauf der Bewertung. Z.B. sollen zur Ermittlung des Nutzungseinflusses auf den Skelettgehalt des Bodens die erforderlichen Auswertungen und Abschätzungen der Bodendaten (Basisparameter) nach den gegebenen Verknüpfungsregeln der Methoden durchgeführt werden.

• Richtige Eingangsparameter

Die in dem urbanen Raum vorkommenden Böden (wie Berlin) stellen ein breites Spektrum von naturnahen, grundwasserbeeinflussten Böden über anthropogen beeinflusste Böden bis hin zu anthropogen überprägten Böden dar. Die Bewertung dieser Böden als Lebensraum gemäß des Bewertungskriteriums „Biotopentwicklungspotential“ unterliegt verschiedenen Faktoren. Diese Faktoren, die mit den Eingangsparametern abgebildet werden können, sind Bodenwasserverhältnisse (z.B. Ermittlung des aktuellen Grundwasserflurabstands und der nFKWe), Nährstoffverhältnisse (Nährstoffversorgung in Abhängigkeit von der KAK_{eff}), Bodenreaktion (pH-Wert) und anthropogene Einflussnahme auf das Biotopentwicklungspotential. Aus Sicht der Pflanzen bewerten die beiden Methoden aus München (MN 1.6 und 1.7) das „natürliche Biotoppotenzial“ auf der Grundlage der Betrachtung der Eingangsparameter Bodenform/Bodentyp, nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes und Nutzungen der Böden mit der Berücksichtigung der weiteren Differenzierungsmerkmale wie der in Abhängigkeit von der Nutzung modifizierte Skelettgehalt. Daher zielen die

beiden Methoden anhand der aggregierten Bewertung auf die Ausweisung trockener oder auch extrem feuchter oder grundwasserbeeinflusster Böden, die wiederum entsprechend der verwendeten Methoden ein geeignetes Potenzial des Bodens zur Entwicklung eines entsprechenden Biotops aufweisen. Hier lässt sich sagen, dass die Bewertung des Kriteriums „Biotopentwicklungspotenzial“ nur auf einem Teil der für den Lebensraum und Lebensgrundlage dominanten Faktoren basiert.

- Allgemeine Gültigkeit

Da die Methoden die naturnahen Böden (z.B. Moorboden und grundwasserbeeinflusste Böden) bis hin zu stark anthropogen überformten Böden (z.B. Gleisanlagen, Sand- und Felsböden) bewertet und die nutzungsabhängige Anpassung der in die Bewertung einfließenden Eingangsparameter berücksichtigt, sind diese Methoden für die urbanen und suburbanen Böden geeignet und auf allen Planungsebenen anwendbar.

- Darstellung im Großmaßstab

Die Möglichkeit der Darstellung der Bewertungsergebnisse in der großen Maßstabsebene 1:5.000 - 1:10.000 ist problemlos.

- Anwendbarkeit

Die Methoden MN 1.6 und 1.7 sind praktisch anwendbar.

- Weiterentwicklung

Die Anpassung der Methoden zur Bewertung der Teilfunktion Lebensraum für Pflanzen und Tiere an die erfassten Erkenntnisse für weitere Aussagen ist möglich. Hier kann die Modifizierung der Bewertungsmethoden die Verwendung von weiteren standortrelevanten Parametern (Bodenwasser- und Nährstoffverhältnisse u.ä.) beinhalten, so dass neben dem Potenzial des Bodens zur Entwicklung von Trocken- oder Feuchtbiotopen das Standortpotenzial für naturnahe und seltene Pflanzengesellschaften bewertet werden kann.

9.2.2 Gruppe Naturnähe

Für die Gruppe Naturnähe gibt es zwei Methoden: die Berliner Methode BE 1.1 und die Hamburger Methode HH 1.4.

Als Eingangsparameter werden die Naturnähe, regionale Seltenheit der Bodengesellschaft (Bodentyp), feuchte Standorte, nFK , KAK_{eff} des Oberbodens, Nutzung für die Methode BE 1.1 und pH-Wert- und KAK_{pot} des Oberbodens, Feuchtesituation des Bodens, Substratabfolge, Horizontabfolge, Nutzung, besondere Merkmale für die Methode HH 1.4 herangezogen. Die Bodenteilfunktionen dieser Gruppe werden anhand der Verknüpfung der beiden Kriterien „Naturnähe“ und „besondere Extremstandorte“ (Sonderstandorte) in der Methode BE 1.1 und „Seltenheit der standortrelevanten Bodengesellschaften“ und der „Naturnähe“ in der Methode HH 1.4 bewertet. Die Gesamtbewertung jeder Methode für jeden Bohrpunkt erfolgt durch Verknüpfung der Wertzahlen für diese Kriterien. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Methode BE 1.1 bei der Gesamtbewertung kein gleiches Einstufungsniveau der Bewertungs-

wertzahlen für das Kriterium „Sonderstandorte“ berücksichtigt. Z.B. werden feuchte und seltene Standorte aufgrund ihrer stärkeren Sensibilität gegenüber Veränderungen höher bewertet als trockene und nährstoffarme Standorte, die hier eine mittlere Einstufung erhalten.

Bewertungsergebnisse für Berliner Böden

Die Ergebnisse der Bewertung nach Methode BE 1.1 zeigt für drei Gebiete eine vergleichsweise niedrige Einstufung der Flächen, so dass die bewerteten Flächen maximal drei Bewertungswertstufen erhalten. Die Methode HH 1.4 bewertet die Flächen in den drei Gebieten in mehreren Wertstufen. Da die Methode HH 1.4 ursprünglich für eine Maßstabebene von $\geq 1:10.000$ entwickelt wurde, werden die kleinräumigen Strukturen in den Gebieten auch gut abgebildet und bewertet, die nicht allein nach den Bohrpunkten, sondern auch nach Nutzungs- und Biotoptypen differenziert werden.

Die schlechte Bewertung (geringwertige Einstufung) wird in drei Gebieten vor allem für anthropogen überprägte Standorte mit einer niedrig ausprägten Naturnähe und für niedrige bis sehr niedrige Grundwasserstände von durchschnittlich 4 bis 13 m u. GOF aufweisenden Standorte ausgewiesen. Auf Grund dessen gibt es auf dem Flughafen Tempelhof und im Natur- und Landschaftspark Johannisthal keine „nassen Standorte“ nach Methode BE 1.1 oder Standorte mit einer hohen „Feuchtesituation“ nach Methode HH 1.4, die in Kombination mit einer hoch ausgeprägten Naturnähe eine hohe Bewertung erhalten könnten. Im Unterschied hierzu weisen die Böden im Untersuchungsgebiet Tiefwerder Wiese eine höher ausgeprägte Naturnähe mit sehr hohen Grundwasserständen von durchschnittlich von 1 m u. GOF auf. Die Gebiete in den Tiefwerder Wiesen erhalten im Bezug auf die Kriterien der Methoden BE 1.1 und HH 1.4 die höchste Bewertung in beiden Methoden (Abb. 30, siehe Anlagen).

Die Böden z.B. Lockersyrosem, Regosol, Pararendzina, Braunerde, Kolluvisol, die aufgrund von menschlichem Einfluss und anthropogener Überprägung eine mäßige bis sehr stark veränderte Horizontsabfolge mit der erhöhten Lagerungsdichte im Oberboden aufweisen, werden als mittel bis schlecht nach der Methode BE 1.1 eingestuft. Auffällig ist allerdings, dass nach Methode HH 1.4 diese Böden die fünf Wertstufen (sehr gut bis sehr schlecht), insbesondere in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal“ und „Tiefwerder Wiese“, aufweisen. Es ist aber an den Ergebnissen zu zeigen, dass im Testgebiet Tiefwerder Wiese ganz überwiegend stark grundwasserbeeinflusste, sehr gering bis gering anthropogenen überprägte Böden (insbesondere nicht versiegelte und mit hohen Gehalten an organischer Substanz) als gut bis mittel bewertet werden. Diese sind hier z.B. Normnassgley, Normanmoorgley und Niedermoorgley, (Abb. 31, siehe Anlagen).

Differenzierungsfähigkeit der Methoden (Aufteilung der bewerteten Flächen auf die Wertstufen)

Die Böden der Testgebiete weisen hinsichtlich ihrer Wertigkeit und der Häufigkeit der Bewertungswertstufen zwei Schwerpunkte nach Methode BE 1.1 und drei Schwerpunkte nach Methode HH 1.4 auf (Abb. 32). Nach Methode BE 1.1 dominieren in den Testgebieten Natur- und Landschaftspark Johannisthal und Flughafen Tempelhof die Böden mittlerer Wertigkeit mit der Wertstufe 3 (28,96 %, 10,96 Flächen-% und 39,28 %, 6,12 Flächen-%) und die geringwertigen Böden mit der Wertstufe 4 (71,03 %, 89,04 Flächen-% und 90,4 %, 93,98 Flächen-%), die zusammen 100

Flächenprozent in beiden Gebieten ausmachen. Im Testgebiet Tiefwerder Wiese verteilen sich die Ergebnisse auf drei Wertstufen 2 bis 4. Die Böden hochwertiger Wertigkeit (Wertstufe 2, 39,28 %) nehmen hier den höheren Anteil der bewerteten Flächen ein (55,52 Flächen-%). Daneben nehmen auch die weniger wertvollen Böden der Wertstufe 4 (21,44 %) große Anteile ein (33,68 Flächen-%). Nach Ergebniswertstufen der Methode HH 1.4 weist das Testgebiet aufgrund der Auswahlkriterien alle Bewertungswertstufen auf, so dass sich die Ergebnisstufen mit leichtem Übergewicht der Wertstufe 3 (31,34 %, 20,99 Flächen-%) auf die Wertstufen 1 bis 5 in allen Abschnitten des Gebiets verteilen. Die weniger wertvollen Böden der Wertstufe 4 (53,94 %) nehmen große Anteile ein (54,96 Flächen-%). Im Testgebiet Flughafen Tempelhof verteilen sich die Ergebnisse auf die Wertstufen 3 bis 5. Der Schwerpunkt liegt insgesamt bei der Wertstufe 4 (53,94 %), so dass diese Wertstufe den größten Flächenanteil von 84,4 % einnimmt. Die Böden des Testgebiets Tiefwerder Wiese weisen nur zwei Schwerpunkte auf. Es dominieren hier die hochwertigen mit der Wertstufe 2 (50,44 %, 46,76 Flächen-%) und Böden mittlerer Wertigkeit mit der Wertstufe 3 (49,55 %, 53,24 Flächen-%).

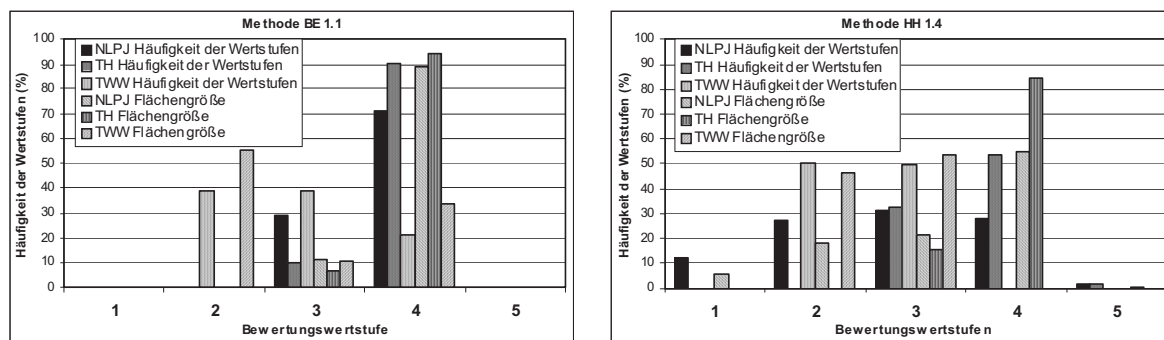


Abb. 32 : Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methoden BE 1.1 und HH 1.4 der Gruppe „Naturnähe“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)

Diskussion

- Eindeutiger Rechtsbezug

Nach den vorangehend beschriebenen Ergebnissen weist die „Naturnähe“ als Prüfkriterium nach den besonderen Standorten und der Berücksichtigung von anthropogenen Einflüssen im Rahmen der gesetzlich formulierten natürlichen Funktion „Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen“ eine unzureichende Differenzierungsfunktionsfähigkeit, insbesondere der Methode BE 1.1, im Boden auf. Somit ist die Naturnähe ein Maß für weitgehend anthropogen unbeeinflusste Bodengenese hinsichtlich der in der Bewertung erforderlichen Bedingungen beider Methoden, aber sie gibt zugleich keine diesen Bedingungen entsprechende Funktionsfähigkeit der bewerteten Böden. Das Kriterium „Naturnähe“ kann neben den anderen geprüften Kriterien nicht das Hauptkriterium Lebensfunktionen sein.

- Herkunft der Datengrundlagen

Die Bewertung der Naturnähe des Bodens, die über die Auswahl der erforderlichen Bewertungskriterien und die benötigten Datengrundlage getestet wird, erfordert als Datengrundlage

eine Kartierung nach KA5 bei beiden Methoden. Mit Hilfe von Tabellenwerken und Feld-Texten auf der Grundlage der KA5 werden die Kennwerten aus Feldaufnahmen bzw. Labordaten klassifiziert bzw. behandelt und die benötigten Eingangsparameter erfasst.

Die Informationen zur „Nutzung“ der bewerteten Flächen werden aus den Karten der Nutzungs- und Biotoptypen und den Kartierungsdaten in den Testgebieten geschätzt (Datenschätzung).

- Bestimmung relevanter Eingangsparameter

• Erfassung des Eingangsparameters

Die Möglichkeit der Ableitung der Eingangsparameter ist kompliziert, insbesondere die nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraums (nFK_{we}), die von der Bodenart und der Lagerungsdichte abhängig ist, und die effektive Kationenaustauschkapazität ($KAK_{eff.}$) des Oberbodens in Verbindung mit dem Humusgehalt und in Kombination mit dem Faktor pH-Wert nach KA5.

Die Flächenanteile (%) der einzelnen Bodengesellschaften zur Bewertung der „regionale Seltenheit“ gemäß der Methode BE 1.1 wurden mittels GIS mit Hilfe der Operation „Calculate Geometry“ in der Datenbank der georeferenzierten Bodenkarte berechnet. Diese Berechnungsmethode gibt genaue und zuverlässige Ergebnisse, aber die Genauigkeit muss bei der Vorbereitung von Daten berücksichtigt werden (z.B. Präzision der Georeferenzierung und Digitalisierung, die Aggregierungsstufe der kartographisch dargestellten Geometrieinheiten).

Die „Naturnähe“ wird in der Methode BE 1.1 anhand der Ermittlung von Hemerobiestufen für Böden bewertet. Genauere Informationen zur Bewertung der Naturnähe liegen nicht gerade in der Datengrundlage gemäß der in dieser Methode angegebenen Wertigkeitsstufen. Somit führt es zu der nicht genau eindeutigen Differenzierung zwischen den Hemerobiestufen für die anthropogen beeinflussten Böden unter Anwendung des Bodentyps. Die Ableitung der weiteren Parameter ist problemlos.

• Richtige Eingangsparameter

Nach der Methode HH 1.4 wird häufig davon ausgegangen, dass gemäß der Bewertung der Kriterien die Böden mit besonderen Merkmalen (z.B. sehr trocken, $LD \geq 4$ innerhalb 50 cm) hohe und sehr hohe Bewertungswertstufen (Wertstufen 4 und 5) aufweisen. Die Vorgehensweise dieser Methode liefert in den Testgebieten, insbesondere Natur- und Landschaftspark Johannisthal und Tiefwerder Wiese, falsche Ergebnisse oder ein unplausibles Bild der Bewertung. So haben z.B. die Böden Lockersyrosem, Regosol, Pararendzina, Braunerde und Kolluvisol, die eine Lagerungsdichte 2,0 bis 6.5 g/cm³ mit mäßiger bis sehr starker anthropogener Überprägung aufweisen, unterschiedliche Wertstufen (sehr gut bis sehr schlecht). Als Grund dieser unplausiblen Ergebnisse ist die maßgebliche Beeinflussung der Einstufung der benötigten Parameter „Nutzung und $KAK_{pot.}$ “ in der Gesamtbewertung dieser Böden zu nennen.

Das Kriterium „Seltenheit der standortrelevanten Bodeneigenschaften“ wurde auf der Grundlage der gemessenen Werte und abgeleiteten Werten der potentiellen Kationenaustauschkapazität bewertet. Der Vergleich der gemessenen Werte mit den gemäß KA5 abgeleiteten Werten für die gleichen Bodentypen zeigt eine relativ gute Übereinstimmung, so dass die gering bis mäßig anthropogen

beeinflussten Böden eine relativ gute Übereinstimmung aufweisen. Die Abweichung nimmt bei den stärker anthropogen geprägten Böden zu (befriedigende Übereinstimmung). Es empfiehlt sich daher, die gemessenen Werte der potentiellen KAK, insbesondere bei der Bewertung der stark anthropogen beeinflussten Böden mit hoher bis sehr hoher Lagerungsdichte, zu verwenden.

Die „Nutzung“ hat einen entscheidenden Einfluss auf die Bodeneinstufung bei der Bewertung des Kriteriums „Naturnähe“. So erhalten die stark anthropogen beeinflussten Böden im Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal, insbesondere die Außenbereiche (z.B. der Landschaftspark) und die Böden aus anthropogen geprägten Substraten im Testgebiet Tiefwerder Wiese (Regosol und Pararendzina), mindestens die Wertstufe 2. Also werden diese Böden als hochwertige Böden in der Gesamtbewertung eingestuft. Daher ist eine Anpassung der Einstufung des Parameters „Flächennutzung“ notwendig.

In der BE 1.1 basiert die Bewertung des Kriteriums „Naturnähe“ auf Hemerobiestufen, wenn die beispielhaft ausgewählten Flächennutzungen nicht eindeutig definiert und in sehr unterschiedlichen Zusammenhängen während der Bewertung verwendet werden.

Die Bewertung des Kriteriums „Regionale Seltenheit der Bodengesellschaft“ bezieht sich ausschließlich auf die Bodengesellschaft. Also ist die Einordnung der Bodentypen in die nach dieser Methode ausgewiesenen Bodengesellschaften für kleine Flächen und große Maßstäbe schwierig. Daher erfordert die Bewertung dieses Kriteriums immer einen Kompromiss bei der Einordnung der Bodentypen in eine Bodengesellschaft.

Die Verwendung der Eingangsparameter Bodentyp, Bodenart, Nutzung, KAK_{eff} , nFK und Seltenheit ist richtig, aber ihre Ableitung ist sicher nicht immer richtig.

- Allgemeine Gültigkeit

Unabhängig von den Ergebnissen können alle Zustände der suburbanen Böden durch den Einsatz der beiden Methoden bewertet werden. Aber in der Methode HH 1.4 sind die größeren unplausiblen Bewertungen bei den stärker anthropogen geprägten Böden zu erwarten. Um wesentlich bessere Bewertungsergebnisse zu erhalten, muß das Kriterium „Naturnähe“ direkt über den Grad der anthropogenen Überprägungen durch die Nutzung und Eingriffe bewertet werden. Die Methode BE 1.1 liefert hier geeignetere Ergebnisse. Aber hier wäre eine neue Anpassung notwendig.

- Darstellung im Großmaßstab

Die Möglichkeit der Darstellung der Bewertungsergebnisse in der Karte im Großmaßstab $\geq 1:10.000$ ist problemlos unter Berücksichtigung der erforderlichen Aggregierungs- und Generalisierungsstufen der Bodendaten.

- Anwendbarkeit

Beide Methoden sind praktisch anwendbar, aber sie benötigen zahlreiche Eingangsdaten, die nicht immer vorliegen.

- Weiterentwicklung

Auf der Grundlage der oben beschriebenen Anforderungen an ein Bewertungssystem können die Modifizierung der Methode HH 1.4 und die Anpassung der Methode BE 1.1 an die neuen Erkenntnisse möglich sein. Außerdem kann die Genauigkeit der zu erwartenden Bewertungsergebnisse für suburbane Böden verbessert werden.

9.2.3 Gruppe Potenzial zur Belastung mit Schadstoffen

Für die Bewertung der Bodenteilfunktionen der Gruppe „Potenzial zur Belastung mit Schadstoffen“ wurden zwei Methoden gestellt (HH 1.3 und MN 1.5). Der Boden als Funktion „Lebensgrundlage und Lebensraum für den Menschen“ wird durch Schadstoffbelastung in den beiden Methoden bewertet. Die Bewertung der Böden nach der Methode HH 1.3 erfolgt unter Verwendung der in der BBodSchV (1999) festlegenden Vorsorge- und Prüfwerte. Hier wird im Oberboden geprüft, ob die Prüfwerte als Schwellenwerte überschritten werden. Also werden die Böden über „Schadstofffreiheit“ der anorganischen Schadstoffe bewertet. Die Prüfung der Überschreitung dieser Prüfwerte hinsichtlich einer schädlichen Bodenveränderung im Oberboden durch stoffliche Belastungen muss hier für den Wirkungspfad Boden-Mensch in Anlehnung an die untersuchten Daten der anorganischen Schadstoffe durchgeführt werden.

Auf Grund der nicht vorhandenen methodischen Struktur des gesamten Bewertungsverfahrens für die Methode MN 1.5, insbesondere das Fehlen der fünfstufigen Bewertung des Bodens (fünfstufige Differenzierung der Wertzahlen), erfolgt hier die Bewertung dieser Gruppe anhand des Kriteriums „belastete Flächen“ gemäß der BBodSchV. Dabei ist die Wertliste der BBodSchV die wesentliche Basis, um die Gefährdung der Böden durch schadstoffliche Belastungen nach dieser Methode zu beurteilen. Somit wird diese Methode im Rahmen des Vergleichs unter den fachlichen Gesichtspunkten nicht berücksichtigt, aber sie wird gemäß ihrer Gegebenheiten in den Testgebieten angewendet und beurteilt.

Es ist hier darauf hinzuweisen, dass die anorganischen Schadstoffe nicht flächendeckend im Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal untersucht wurden, so dass diese Schadstoffe nur bei den Proben der Verdachtflächen geprüft wurden (Verdacht auf eine erhöhte Schadstoffbelastung).

Bewertungsergebnisse für Berliner Böden gemäß der Methode HH 1.3

Nach den Ergebnissen dieser Methode werden die Böden in den Testgebieten hinsichtlich ihrer Schadstofffreiheit zwischen „sehr gut und mittel“ bewertet (Abb. 33). Die Oberböden, die sowohl anthropogen aufgeschüttete Substrate (hohe Lagerungsdichte vor allem im C-Horizont) als auch pH-Werte über fünf (hohe Affinität der Schwermetalle) aufweisen, haben die Einstufung „gut bis mittel“ (relativ höhere Schadstoffbelastung). Diese sind z.B. Regosol, Regosol über Fahlerde, Regosol über Braunerde-Fahlerde, Regosol über Pseudogley-Fahlerde, Pararendzina, Pararendzina über Braunerde, Fahlerde, Regosol (Norm.) über Nassogley (Norm.), kolluvial geprägter Gley (Norm.), Moorgley (Norm.) (Abb. 34).

Die höchsten Gehalte der anorganischen Schadstoffe liegen in den oberen Horizonten dieser Böden (Ah- und anthropomorphe C-Horizonte). Die Schadstoffgehalte werden in geringem Umfang in die unteren Horizonte verlagert.

Die ausgesuchten Böden im „Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal“, die starke anthropogene Überprägungen und Durchmischungen in der oberen Bodenschicht aufweisen, werden hinsichtlich ihrer Schadstofffreiheit als sehr gut bis gut nach der Methode HH 1.3 bewertet (geringe Belastung von anorganischen Schadstoffen).

Die Böden des Testgebiets „Flughafen Tempelhof“ weisen allgemein eine mäßige Belastung der anorganischen Schadstoffe auf (sehr gut bis mittel). Dieselbe Nutzung ist hier für den Großteil dieser mäßigen Belastung verantwortlich. Die stärkste Belastung konzentriert sich auf den kleinen Bereichen der Luftverkehrsflächen des Testgebiets, die noch durch ihre Nutzungstypen in der Vergangenheit beeinflusst werden (z.B. Müllverbrennungsanlage und Schrottplätze).

Die Oberböden im gesamten Testgebiet „Tiefwerder Wiese“, die sowohl eine Mischung aus technogenen Substraten und anthropogen aufgeschütteten Natursubstraten aufweisen als auch naturnahe oder wenig anthropogen überprägte Böden darstellen, sind mäßig bis mittel mit den anorganischen Schadstoffen belastet (sehr gut bis mittel). Die stärkste Belastung mit Schwermetallen befindet sich vor allem auf den Flächen der Wochenendhaussiedlungen im Nordosten, den Flächen ehemaliger Kleingärten und den tiefliegenden, grundwassernahen Bereichen im südwestlichen Teil des Testgebiets.

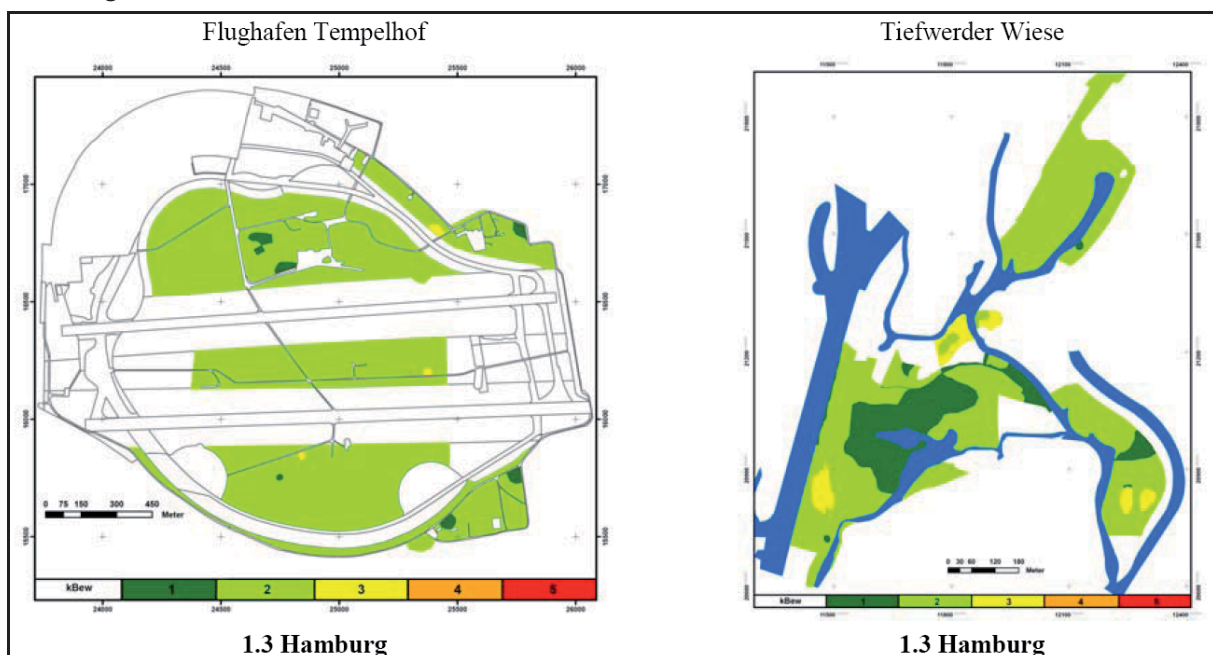


Abb. 33: Bodenfunktionskarten der Gruppe „Potenzial zur Belastung mit Schadstoffen“ (Methode HH 1.3) für die Testgebiete „Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“

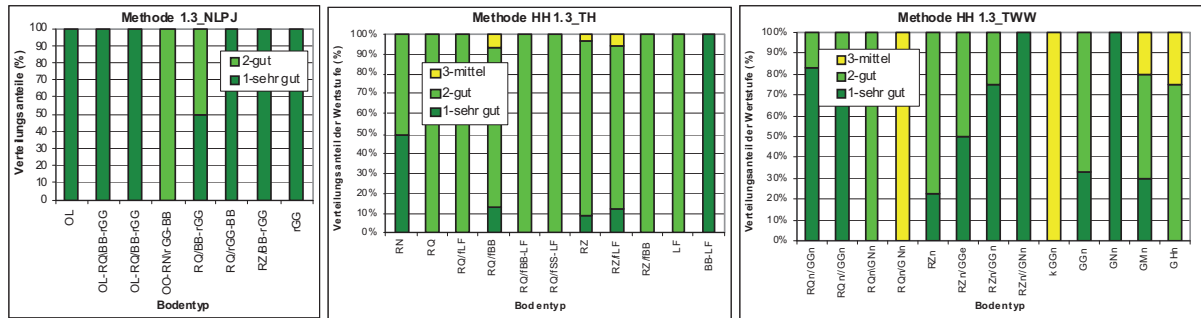


Abb. 34: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methode HH 1.3 der Gruppe „Potenzial zur Belastung mit Schadstoffen“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ), TH = Flughafen Tempelhof, TWW = Tiefwerder Wiese)

Differenzierungsfähigkeit der Methoden (Aufteilung der bewerteten Flächen auf die Wertstufen)

Bei den bewerteten Böden in Testgebieten treten hinsichtlich ihrer Wertigkeit zwei Schwerpunkte auf. Es dominieren relativ die hochwertigen Böden mit der Wertstufe 2 in den Testgebieten Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese (43,75 %, 46, 66 %). Daneben nehmen auch die sehr hochwertigen Böden der Wertstufe 1 große Anteile in diesen Testgebieten ein (37,50 %, 33,33 %).

In der Wertstufe 1 sind die bewerteten Böden des Testgebiets Natur- und Landschaftspark Johannisthal insgesamt mit hoher Wertigkeit enthalten (90 %), während die weniger wertvollen Böden die Wertstufe 2 aufweisen (10 %).

Die Abbildung der Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen zeigt, dass die Einstufung der hochwertigen Böden (Wertstufe 2) die meisten Flächen in den Testgebieten Flughafen Tempelhof (97,86 Flächen-%) und Tiefwerder Wiese (72,66 Flächen-%) und die untersuchten Böden im Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal (94,18 Flächen %) darstellen (Abb. 35).

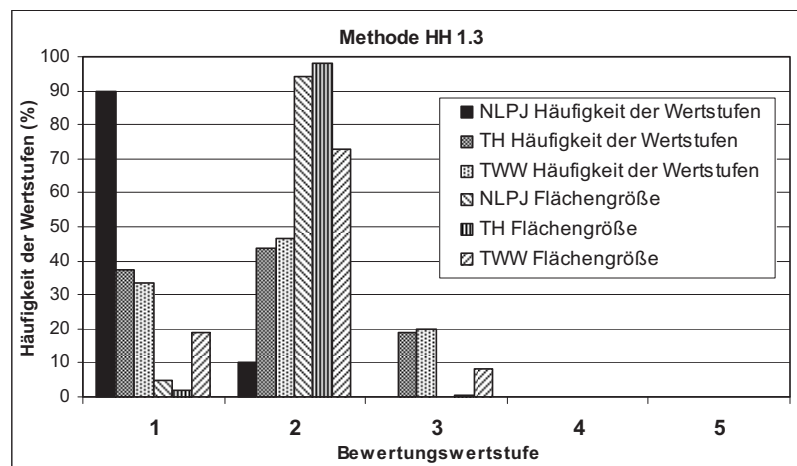


Abb. 35: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswert-stufen der Methode HH 1.3 der Gruppe „Potenzial zur Belastung mit Schadstoffen“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ), TH = Flughafen Tempelhof, TWW = Tief-werder Wiese)

Diskussion der Methode HH 1.3

Die Diskussion unter den im Kap. 6 als Anforderung an ein Bewertungssystem der Bodenfunktionen beschriebenen fachlichen Gesichtspunkten beschränkt sich hier auf die Methode HH 1.3.

- Eindeutiger Rechtsbezug

Die „Lebensraumfunktion“ des Bodens wird gegenwärtig mit gesundheitlich unschädlichen Böden gleichgesetzt. Der Boden bezüglich dieser Funktion wird anhand des zu prüfenden Kriteriums „Schadstofffreiheit des Oberbodens“ (unbelasteter Boden) im Sinne von § 2 Abs. 3 BBodSchG bewertet. Hier ist vorrangig zu berücksichtigen, dass Böden durch die von menschlichen Aktivitäten abhängige Schadstofffreiheit bewertet werden sollen. Dies gilt insbesondere für die Schwermetalle.

- Herkunft der Datengrundlagen

Die Bewertung der Gruppe Potenzial zur Belastung mit Schadstoffen knüpft an Grenzwerte der Bodenbelastung in der BBodSchV an. Der Ablauf der Bewertung verlangt die Bodenkartierung gemäß der bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) und weitere ergänzende Untersuchungen. Außerdem basiert die Erfassung der Bodenbewertungsergebnisse auf analytischen Daten (Bodenschätzung) und zusätzlichen Beschreibungen oder Hinweisen, die insbesondere bei der Anwendung der Vorsorgewerte der BBodSchV berücksichtigt werden sollen.

- Bestimmung relevanter Eingangsparameter

• Erfassung des Eingangsparameters

Um die Vorsorgewerte der BBodSchV in der Bewertung anzuwenden, werden sie nach den Hauptbodenarten (Ton, Lehm/Schluff, Sand) gemäß der KA5 unter Berücksichtigung des Säuregrads (pH-Wert) der Böden (Bodenart) in der Datenbank unterschieden.

Die Unterscheidung dieser Vorsorgewerte nach der Bodenart, insbesondere der von dem pH-Wert abhängigen Werte, ist hier kompliziert, so dass für jeden Parameter (Schadstoff) ein logischer Ausdruck mithilfe der Abfragemethode auf die Messdaten in Abhängigkeit von der Bodenart und dem pH-Wert erstellt werden soll.

• Richtige Eingangsparameter

- Für die Bewertung der Teilfunktion „Lebensgrundlage für den Menschen“ nach der Methode HH 1.3 wurden die Wertstufen der „Schadstofffreiheit“ nach der fünfstufigen Skala anhand der Einstufung der Messwerte der anorganischen Schadstoffe zugeordnet. Bei der Wertstufenzuordnung wurde hier nur auf die Einstufung der Messwerte nach den Vorsorge- und für den Wirkungspfad Boden-Mensch festgelegten Prüfwerten der BBodSchV zurückgegriffen. Aber die städtischen Räume enthalten die Grünflächen oder „*Flächen unter Dauergrünland*“, die durch Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze nach den festgelegten Maßnahmenwerten der BBodSchV bewertet werden müssen (§ 1 Abs. 2 des Anhangs 2 der BBodSchV, 1999) (z.B. die großen Teile der Testgebiete Tiefwerder Wiese und des Natur- und Landschaftsparks Johannisthal). Diese Grünlandflächen werden in der Methode HH 1.3 nicht berücksichtigt und somit hier als Park- und Freizeitanlagen im Wirkungspfad Boden-Mensch bewertet. Es führt somit zu einer negativen Beeinflussung in der Gesamtbewertung der Teilfunktion „Lebensraumgrundlage für den Menschen“ anhand der Wertstufenzuordnung.

- Da die Teilfunktion „Lebensgrundlage für den Menschen“ den Schutz des Menschen vor möglichen Gefährdungen durch Schadstoffe (Schwermetalle, organische Schadstoffe) im Boden beinhaltet, soll die Bewertung anhand von Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerten der BBodSchV erfolgen. Darüber

hinaus ist es auch erforderlich, die entsprechende Kenntnis der Schadstoffgehalte in der Bewertung der Belastungssituation der Schadstoffe (geogen/pedogen und anthropogen) zu bestimmen.

- Da die Methode HH 1.3 keine Vorsorgewerte für die Messwerte des Arsens nach den Hauptbodenarten gemäß KA 4 aufweist, steht keine eindeutige Beschreibung in der Tabelle der Wertstufenzuordnung dieser Methode für die Ableitung der Wertstufe für niedrige Messwerte des Arsens, insbesondere für die Wertstufe 1 und 2. Somit werden nach den Messwerten des Arsens in den Testgebieten, die unter den „Prüfwerten für Kinderspielflächen“ liegen, die Wertstufe 1 gemäß der fünfstufigen Skala abgegeben.

- Im Allgemein tendiert die Methode HH 1.3 mehr zur Risikominderung schädlicher Bodenveränderung durch die Schadstoffbelastung in den suburbanen Böden.

- Allgemeine Gültigkeit

Alle Bodenflächen, die nach ihrer Nutzungsart und dem damit verbundenen Flächenverbrauch für den Wirkungspfad Boden-Mensch in der BBodSchV eingeteilt wurden, werden anhand des Kriteriums „Schadstofffreiheit des Oberbodens“ bewertet.

- Darstellung im Großmaßstab

Die Visualisierung der Bewertungsergebnisse als thematische Karte in der Maßstabsebene 1:10.000 - 1:5.000 ist problemlos.

- Anwendbarkeit

Die Methode HH 1.3 ist anwendbar in den suburbanen Böden. Aber alle erforderlichen Daten müssen entsprechend den gesetzlichen Vorgaben erhoben werden.

- Weiterentwicklung

Aus den oben beschriebenen Gesichtspunkten bei der Anwendung der Methode 1.3 ergibt sich die Notwendigkeit für eine Weiterentwicklung. Somit ist es möglich, die Einstufung der Messwerte der Schadstoffgehalte gemäß der BBodSchV für weitere Nutzungen der Bodenflächen, die durch ihre Nutzungstypen in der Vergangenheit und Gegenwart wie Gewerbe- und Industrieflächen beeinflusst werden, zu modifizieren und die Wertstufenzuordnung für die Teilfunktion „Lebensraum für den Menschen“ anhand der Einstufung der Messwerte anzupassen.

Bewertungsergebnisse für Berliner Böden gemäß der Methode MN 1.5

Wie bereits erwähnt wurde, kann die Teilfunktion „Boden als Lebensraum für den Menschen“ nach dieser Methode anhand der bestimmten Schwermetalle und organischen Schadstoffe ohne die flächendeckende fünfstufige Bewertung bewertet werden. Somit erfolgt die Bewertung dieser Teilfunktion nach dem Kriterium „Schadstoffbelastung in den Böden“ gemäß der Vorsorge- und Prüfwerte der BBodSchV (1999, nach § 8 Abs.1 Satz 2 Nr. 1 BBodschG). Die Böden in den Testgebieten wurden anhand von Mischproben des Oberbodens auf ihre Gehalte an Schadstoffen untersucht.

Im Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal werden die Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden - Mensch in Böden der untersuchten Standorte nicht überschritten.

Im Vergleich zu den Vorsorgewerten der BBodSchV weisen die Oberböden häufig niedrig bis mäßig erhöhte anorganische Schadstoffgehalte, insbesondere Pb, Hg und Zn, auf. Die anorganische Schadstoffbelastung überschreitet die Vorsorgewerte dieser Elemente deutlich in den bis 70 cm anthropogen überprägten Böden, insbesondere im Bodentyp Regosol über tiefem Gley- Braunerde. Geringe bis minimale Überschreitungen treten in den relativ weniger anthropogen beeinflussten Böden auf. Diese sind Regosol, Lockersyrosem-Regosol über Braunerde-Gley und Regosol über Braunerde-Gley.

Alle untersuchten Böden weisen sehr geringe bis geringe Überschreitungen der Vorsorgewerte der BBodSchV (40 - 100 mg/kg) auf. Die höchste Belastung der Böden durch Blei tritt vor allem im Bodentyp Regosol über Braunerde-Gley. Die hohe Zinksilberbelastung der aus den letzten Jahrzehnten stammenden Tätigkeiten wird durch die meist hohe Belastung der Oberböden des Bodentyps Regosol über tiefem Gley- Braunerde im Vergleich zu den anderen Bodentypen deutlich. Die schon bei den anderen Schwermetallen beschriebene Belastungsverteilung trifft auch für Quecksilber zu. Böden, die die Vorsorgewerte der BBodSchV (0,1 - 1 mg/kg) überschreiten, kommen in Standorten der starken anthropogenen Überprägung vor. Bei ihnen handelt es sich ebenfalls meist um den Bodentyp Regosol über tiefem Gley-Braunerde mit geringen bis mittleren Anteilen an organischer Substanz und anthropogenem Sand. Alle Werte der anderen anorganischen Schadstoffe liegen unterhalb des Vorsorgewerts.

Trotz der menschlichen Auswirkungen im Zusammenhang mit der mehrfachen Nutzung im Laufe der Zeit sind jedoch die Böden des Flughafens Tempelhof sehr gering belastet. Dabei überschreiten die Gesamtgehalte der anorganischen Schadstoffe sehr selten die Prüfwerte für die Nutzung als Park- und Freizeitanlagen gemäß der BBodSchV. Die Überschreitung schwankt vor allem im Bodentyp Pararendzina über fossiler pseudovergleyter Fahlerde, insbesondere für den anorganischen Schadstoff Pb. Alle anderen gemessenen Schadstoffgehalte sind unterhalb der Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch. Für die derzeitige Nutzungsart des Gebiets als Verkehrsfläche ist die Überschreitung der Prüfwerte noch seltener.

Bei der Belastung der Böden des Flughafens Tempelhof durch anorganische Schadstoffe gemäß der Vorsorgewerte der BBodSchV handelt es sich meist um die Oberböden, wobei die Vorsorgewerte entlang der Zufahrtswege und in der Nähe der Start- und Landebahnen stark überschritten werden. Hier kommen die erhöhte Gehalte der Schadstoffe Pb, Cd und Zn vor allem in den Oberböden der Bodentypen Regosol, Regosol über Fahlerde, Regosol über Braunerde, Pararendzina über Braunerde und Fahlerde vor. Außerdem weisen einige Bodentypen des Testgebiets, wie Regosol, Pararendzina und Pararendzina über fossiler pseudovergleyter Fahlerde, punktuell hohe Schadstoffbelastungen auf. Diese hohen Belastungen lassen sich auf die früheren Nutzungstätigkeiten dieser Bodentypen und die Auswirkungen der früheren Tätigkeiten in der unmittelbaren Umgebung zurückführen (z.B. Müllverbrennungsanlage, Feuerlöschübungsplatz, die Nähe zu den Verkehrsmissionen, etc.). Die Überschreitungen der Vorsorgewerte der BBodSchV, deren Häufigkeiten unter 25 % liegt, betreffen fast ausschließlich Pararendzina über Fahlerde. Dieser Bodentyp ist meist gering mit anorganischen Schadstoffen belastet.

Die Schadstoffbelastung in den Böden des Testgebiets Tiefwerder Wiese gemäß der Prüfwerte der BBodSchV ist sehr gering. Die Überschreitung der vorgeschriebenen Prüfwerte für die Nutzung als Park- und Freizeitanlagen beschränkt sich auf die Schadstoffe As im Bodentyp kolluvial geprägter Gley und Pb in den Bodentypen Normanmoorgley und Niedermoorgley. Allgemein gering belastet sind dagegen die Böden gemäß der Maßnahmenwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch unter Grünland (Flächen unter Dauergrünland)²². Dabei treten die Grenzwertüberschreitungen der Maßnahmenwerte in den Bodentypen Niedermoorgley für den Cu-Gehalt und Pararendzina über tiefem Nassgley für den Cd- und Cu-Gehalt auf (Abb. 36).

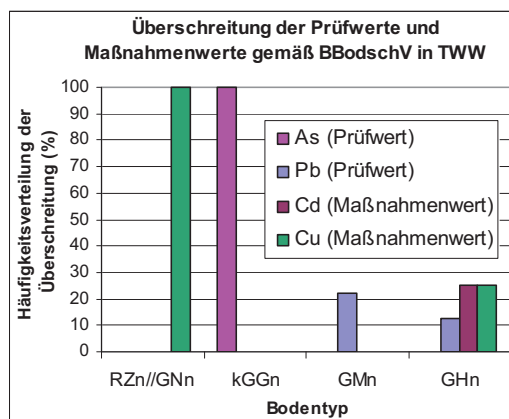


Abb. 36: Prozentuale Anteile der Häufigkeitsverteilung der festgestellten Überschreitungen der Schadstoffgehalte gemäß der Prüfwerte und Maßnahmenwerte der BBodSchV je Bodentyp für die Methode MN 1.5 der Gruppe „Potenzial als Schadstoffbelastung“ im Testgebiet Tiefwerder Wiese

Bezüglich des humosen Oberbodens, sowohl in naturnahen Böden als auch in mäßig bis sehr stark anthropogen geprägten Böden, zeigt sich, dass hier die Vorsorgewerte überwiegend überschritten werden. Somit ist die Schwermetallbelastung im Oberboden gemäß der Vorsorgewerte im gesamten Gebiet hoch.

Im gesamten Testgebiet Tiefwerder Wiese werden die Vorsorgewerte für Zink (60 mg/kg für Sand, 150 mg/kg für Schluff/Lehm, 200 mg/kg für Ton) der BBodSchV häufig überschritten. Darüber hinaus lässt sich feststellen, dass in Böden mit hohen Zinkgehalten auch andere Schwermetalle in erhöhten Konzentrationen im Vergleich zu den Vorsorgewerten vorliegen. Der Zinkgesamtgehalt steigt dabei vor allem mit zunehmendem Gehalt an organischer Substanz und der Zunahme des Feinkornanteils an (z.B. naturnahe Böden der Klasse Gleye). Wie aus Abb. 37 deutlich wird, sind die häufigen Grenzwertüberschreitungen der Vorsorgewerte mit Pb, Cd und Zn auffällig. In Bezug auf die stufige Bewertung lässt sich aus den Überschreitungshäufigkeit der anorganischen Schadstoffe ableiten, dass die humosen Oberböden sehr hoch mit Zn, mittel bis hoch mit Cd und gering mit Cr und Ni im Vergleich zu den anderen Schwermetallen belastet sind.

Die höchst belasteten naturnahen Böden oder wenig anthropogen beeinflussten Böden wurden in den Gley-Böden des Testgebiets festgestellt, die das Schwermetallmaximum, insbesondere Pb, Cd, Cr, und

²² Die Bewertung des Bodens im Testgebiet „Tiefwerder Wiese“ ist hier erforderlich gemäß der Maßnahmenwerte der BBodSchV nach § 8 Abs.1 Satz 2 Nr. 1 BBodschG. Maßnahmenwerte sind „Werte für Einwirkungen oder Belastungen, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der jeweiligen Bodennutzung in der Regel von einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast auszugehen ist und Maßnahmen erforderlich sind“ (nach § 8 Abs.1 Satz 2 BBodschG).

Zn, im Oberboden aufweisen. Dies ist Resultat einer langen Geschichte der ehemaligen menschlichen Siedlungstätigkeiten. Die stark anthropogen geprägten Böden, die einen Eintrag technogener Substrate, anthropogen aufgeschütteter Substrate, eine Umlagerung von belasteten Materialien oder fossile Horizonte im Tiefenverlauf aufweisen, sind stark belastet. Diese sind z.B. Regosol über Gley, flacher Regosol über Nassgley, Regosol über Nassgley Brauneisengley, Pararendzina über Nassgley. Im Unterboden tritt die Verlagerung der Schadstoffe in geringem Umfang auf.

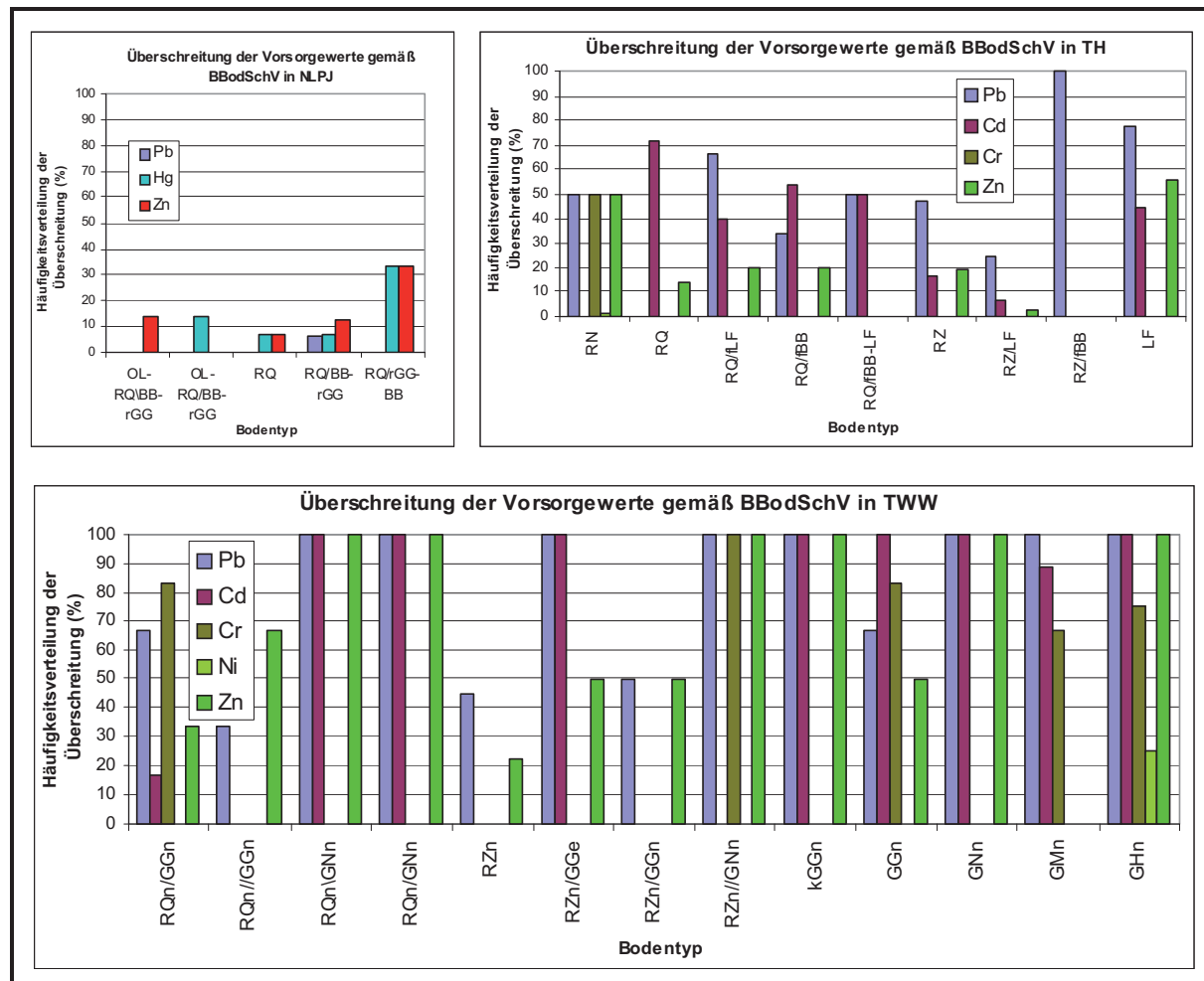


Abb. 37: Prozentuale Anteile der festgestellten Überschreitungen der Schadstoffgehalte gemäß der Vorsorgewerte der BBodSchV je Bodentyp für die Methode MN 1.5 der Gruppe „Potenzial zur Belastung mit Schadstoffen“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal, TH = Flughafen Tempelhof, TWW = Tiefwerder Wiese)

Eine Zusammenfassung der Schadstoffbelastung der Böden und ihre Einstufung in den drei Testgebieten zeigt die Tab. 27.

Tab. 27 Einschätzung der Belastungsstufen der Oberböden anhand des Kriteriums „belastete Flächen“ in den Testgebieten nach der Methode MN 1.5.

Testgebiet	Bewertung der Schadstoffbelastung im Oberboden (gemäß der Vorsorge- und Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch)	Belastungsstufe (ohne Abhängigkeit von der Zuordnung der Wertstufen nach der fünfstufigen Skala)
Natur- und Landschaftspark Johannisthal	Die Belastungen der Oberböden mit anorganischen Schadstoffen sind kaum festzustellen. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass einige Bodentypen erhöhte Schadstoffkonzentrationen über den Vorsorgewerten aufweisen.	sehr gering bis gering
Flughafen Tempelhof	Die Oberböden weisen mittlere bis hohe anorganische Schadstoffgehalte auf, die oberhalb der Vorsorgewerte liegen. Die höchsten Gehalte liegen in den anthropomorphen C-Horizonten.	mittel bis hoch
Tiefwerder Wiese	Alle Bodentypen weisen eine Überschreitung der Vorsorgewerte auf. Die Oberböden sind im gesamten Gebiet mäßig bis stark mit anorganischen Schadstoffen belastet. Die Oberböden weisen vor allem eine hohe Zinkbelastung auf.	mittel bis (sehr) hoch

9.2.4 Gruppe Regelung im Wasserhaushalt

Für die Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“ werden die Methoden BE 2.1, HH 2.2 und MN 2.4 vorgestellt. Alle drei Methoden bewerten hier die Leistungsfähigkeit des Bodens zur Wasserspeicher- und Retentionsfähigkeit von Niederschlagswasser, die durch das Aufnahmevermögen (Infiltration- und Versickerung) und die Abflussverzögerung bzw. -verminderung (Speicherleistung) bestimmt werden. Als Kriterien für die Bewertung werden die „Austauschfähigkeit des Wassers/Jahr“ in einem bestimmten Zeitraum nach der Methode BE 2.1, die „Fähigkeit des Oberbodens zur Wasseraufnahme (Infiltrationsvermögen)“ nach der Methode HH 2.2 und das „Infiltration- und Versickerungspotenzial des Bodens von Oberflächenwasser (Niederschlagswasser)“ nach der Methode MN 2.4 herangezogen. Die Tab. 28 verdeutlicht einen Überblick über die Eingangsparameter, ihre Verknüpfungsregeln und die Bildung der Bewertungswertstufen für diese drei Methoden.

Tab. 28: Überblick über die Eingangsparameter, ihre Verknüpfungsregeln und die Bildung der Bewertungswertstufen für die Methoden der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“
(Quelle: Eigene Darstellung)

Methode/ Wertstufe	Bewertung und Wertstufe				sehr schlecht
	sehr gut	gut	Mittel	schlecht	
	1	2	3	4	5
BE 2.1	Die Einstufung der Böden erfolgt auf Grundlage der Stufen der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers/Jahr. Die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers wird als Quotient der Versickerung in mm pro Jahr und der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraums gebildet.				
Wertstufe	Die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers für das Profil wird in fünf Stufen zusammengefasst (1-5 Stufe).				
Beschreibung	-	Austauschhäufigkeit des BW < 1 / Jahr	Austauschhäufigkeit des BW 1 < 3 / Jahr	Austauschhäufigkeit des BW 3 >= 4 / Jahr	-
HH 2.2	Die Einstufung der Böden erfolgt anhand der Infiltrationskapazität und der Wasserdurchlässigkeit der Böden, die entweder aus den Referenzprofilen direkt oder aus der Nutzung und den Biotoptypen indirekt zugeordnet wurde.				
Infiltrationskapazität (mm/h)	> 100	> 20 - 100	> 8 - 20	> 1 - 8	≤ 1
kf (cm/d)	> 240	> 48 - 240	> 19 - 48	> 2,4 - 19	≤ 2,4
Nutzung	Einstufung erfolgt nach den Tabellen "Bewertungsrahmen für den (...) Bestandteil des Wasserkreislaufs nach Nutzung und Bodentypen" ²³)				
Beschreibung	Starkregen infiltrieren vollständig	Bei mittleren Niederschlägen kann Wasser von zusätzlichen Flächen infiltrieren	mittlere Niederschläge infiltrieren vollständig	Geringe Infiltration, Abfluss bei mittleren Niederschlägen	Sehr geringe Infiltration, Abfluss bereits bei geringen Niederschlägen

²³ Bei diesen Tabellen handelt es sich um die Tabellen 26 und 27 des Hamburger Verfahrens, (Hamburger Verfahrens, S. 33-36).

Tab. 28: Fortsetzung

Methode/ Wertstufe	Bewertung und Wertstufe				
	sehr gut 1	gut 2	Mittel 3	schlecht 4	sehr schlecht 5
MN 2.4	Die Einstufung erfolgt durch die Verknüpfung der Eingangsparameter „Wasserdurchlässigkeit (kf)“ und „Wasserspeichervermögen“. Das Wasserspeichervermögen (WSV) ist hier die Summe der gesamten nutzbaren Feldkapazität und Luftkapazität für jedes Profil. Die kf-Werte (cm/d) wurden für jeden Horizont abgeleitet, so dass der minimale kf-Wert, der den geringst durchlässigen Horizont darstellt, als „versickerungslimitierender Faktor“ zur Bewertung herangezogen wird. Die Nutzung wurde auch bei der Bewertung der Böden berücksichtigt.				
Beschreibung	hohe bis sehr hohe kf mit sehr geringem bis sehr hohem WSV	mittlere bis hohe kf mit mittlerem bis sehr hohem WSV	mittlere bis hohe kf mit sehr geringem bis sehr hohem WSV	geringe bis hohe kf mit geringem bis sehr hohem WSV	geringe bis hohe kf mit sehr geringem bis hohem WSV
Verknüpfung von Wasser-speicher-vermögen (WSV) und kf-Wert	kf > 100 und WSV < 50 - > = 300	kf > 40 - 100 und WSV 90 - > = 300	kf > 40 - 100 und WSV 50 - < 90	kf > 30 - 40 und WSV 50 - < 90	kf > 30 - 40 und WSV < 50
	kf > 40 - 100 und WSV > = 300	kf > 30 - 40 und WSV 140 - > = 300	kf > 30 - 40 und WSV 90 - < 140	kf > 15 - 30 und WSV 50 - < 140	kf > 15 - 30 und WSV < 50
	-	kf > 15 - 30 und WSV 300 - > = 300	kf > 15 - 30 und WSV 140 - < 200	kf > 7 - 15 und WSV 90 - < 200	kf > 7 - 15 und WSV < 50 - < 90
	-	-	kf > 7 - 15 und WSV 200 - > = 300	kf < = 7 und WSV 200 - > = 300	kf < = 7 und WSV < 50 - < 300

Bewertungsergebnisse für Berliner Böden

Die Bewertungsergebnisse zur Gruppe Regelung im Wasserhaushalt entsprechend der angewendeten Methoden werden für die Testgebiete getrennt in Abb. 38 (siehe Anlagen) und je Bodentyp in den zugehörigen Abb. 39, 40 und 41 (siehe Anlagen) dargestellt. Wie aus diesen Abbildungen zu entnehmen sind, weisen die Bewertungsmethoden für Stadtböden in vielen Fällen deutliche Unterschiede im Ergebnis auf. Dabei werden die drei Testgebiete in zwei Wertstufen nach der Methode HH 2.2 und in drei Wertstufen nach der Methode BE 2.1 bewertet, während die Methode MN 2.4 alle Flächen der Testgebiete in mehreren Wertstufen bewertet. Im Folgenden lassen sich die bewerteten Böden in den Testgebieten aus dem Vergleich der Ergebnisse in den Bodenfunktionskarten und ihren zugehörigen Abbildungen beschreiben:

- Im Testgebiet Natur -und Landschaftspark Johannisthal erhalten die Böden eine mittlere bis geringe Wasserspeicher- und Retentionsfähigkeit von Niederschlagwasser nach der Methode BE 2.1²⁴. Die mittlere Bewertung der Retentionsfähigkeit von Niederschlagwasser mit der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers von 1 bis 3 Mal pro Jahr weisen alle anthropogenen Überprägungen mit natürlichen und z. T. künstlichen Substraten erhaltenden Böden auf (eine mittlere Bewertung der Regelungsfunktion). Die geringe Retentionsfähigkeit mit der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers von 3 bis 4 Mal pro Jahr und der hohen Durchlässigkeit treten vor allem in den stark anthropogen beeinflussten Böden auf (z.B. Lockersyrosem-Regosol, Pararendzina, Braunerde und Karbonathaltiger Kolluvisol).

Die bewerteten Böden nach Methode HH 2.2 zeigen ganz allgemein sehr geringer Retentionsfähigkeit von Niederschlagwasser, so dass die Oberböden des Testgebiets eine gute bis gute sehr Fähigkeit zur Infiltration der Niederschlagwasser aufweisen. Ausnahmen stellen die Abschnitte am Rand des Gebiets dar. Hier sind in geringen Anteilen stark anthropogen beeinflusste Böden mit geringer Infiltration vertreten. Diese weisen hier geringe Vegetationsbedeckungen und hohe Lagerungsdichten

²⁴ Eine hohe Bewertung erhält ein Boden, wenn er ein hohes Wasserspeichervermögen hat, dies bedeutet wiederum eine geringe Austauschhäufigkeit.

auf und sind mit der Wertstufe 5 (sehr geringe Infiltration) bewertet (z.B. Pararendzina, Pararendzina über Braunerde und Karbonathaltiger Kolluvisol).

Entsprechend der Methode MN 2.4 weist das Testgebiet überwiegend eine sehr hohe Bewertung des Versickerungspotentials für Oberflächenwasser (Wertstufe 1) und somit eine geringe bis sehr geringe Wasserspeicher- und Retentionsfähigkeit in Kombination mit einer sehr hohen Wasserleitfähigkeit auf (sandige Böden). Die Böden, die teilweise eine sehr niedrige Bewertung des Versickerungspotentials (Wertstufe 5) erhalten, weisen eine hohe Retentionsfähigkeit und eine sehr niedrige Durchlässigkeit auf (z.B. Regosol, Regosol über reliktschem Gley, Pararendzina aus anthropogenem Lehmsand über Regosol und karbonathaltigem Kolluvisol).

- Die Methode BE 2.1 bewertet die Böden des Testgebiets Flughafen Tempelhof hinsichtlich der Wasserspeichervermögen- und Retentionsfähigkeit in drei Wertstufen (gut bis sehr schlecht). Eine hohe Funktionsfähigkeit zur Retention von Niederschlagswasser mit einer Austauschhäufigkeit des Bodenwassers von weniger als ein Mal pro Jahr (Wertstufe 1) haben dabei die schluffigen Sande über Normallehm. Diese treten besonders häufig bei bedeckten und unbedeckten Fahlerden über Geschiebelehm auf. Aufgrund der Kombination der oberen Horizonte aus schluffigen Sanden und der unteren Horizonte aus Normallehm weisen diese Böden einen großen Speicherraum im Oberboden und eine geringe Durchlässigkeit im Unterboden auf. Die Böden Ranker weisen ausschließlich eine hohe Speichervermögens- und Retentionsfähigkeit (Wertstufe 1) aufgrund des massiven versiegelten Untergrunds auf. Dieser Untergrund lässt kaum Versickerung und nur geringen lateralen Oberflächenabfluss zu. Somit können die hier eintreffenden Niederschläge nahezu komplett gespeichert werden. Eine mittlere Bewertung der Retentionsfähigkeit mit einer Austauschhäufigkeit des Bodenwassers von 1 bis 3 Mal pro Jahr haben vor allem Böden aus schluffigen Sanden (wie Regosole, Pararendzinen und bedeckte Braunerden) und aus schluffigen Sanden über Normallehm (wie unbedeckte Fahlerden). Die Böden mit sandigem Ausgangssubstrat erhalten eine geringe Bewertung der Speichervermögens- und Retentionsfähigkeit mit der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers von 3 - 4 Mal pro Jahr (Wertstufe 4). Diese Böden weisen somit eine schlechte Speicherleistung auf. Hiervon sind einige wenige Flächen der Bodentypen Pararendzina und Regosol über Braunerde betroffen.

Trotz der überwiegenden Trockenheit der Böden im Testgebiet Flughafen Tempelhof haben sie entsprechend der Methode HH 2.2 meist eine relativ hohe Retentionsfähigkeit und somit mittlere bis hohe Infiltration von Niederschlagswasser. Sichtbares Merkmal dafür sind die häufig auftretenden Hydromorphie Merkmale der stauwasserbeeinflussten Horizonte. Die Böden, die hohe Retentionsfähigkeit (Wertstufe 2) aufweisen, sind vor allem diejenigen Böden, die sich auf den Geschiebelehm/-mergeln entwickelt haben (z.B. Ranker und Braunerde-Faherde). Die Böden, die vor allem auf den Geschiebedecksanden entwickelt sind, haben hingegen meist eine mittlere Retentionsfähigkeit von Niederschlagswasser (Wertstufe 3) (z.B. Regosol, Pararendzina und bedeckte Braunerde).

Entsprechend der Methode MN 2.4 werden die Böden des Testgebiets Flughafen Tempelhof bezüglich ihres Versickerungspotentials von Niederschlagswasser in vier Stufen bewertet. Ein sehr hohes Versickerungspotential (Wertstufe 1) tritt vor allem in den Böden aus anthropogenen Sanden über anthropogenem Schutt (z.B. Ranker) und glazigenen Sanden über Sandlehm (z.B. Braunerde-

Fahlerde) auf. Somit weisen diese Böden eine geringe bis sehr geringe Retentionsfähigkeit von Niederschlagswasser auf (eine sehr hohe k_f mit einem sehr niedrigen Wasserspeichervermögen). Die schlechte bis mittlere Bewertung des Versickerungspotentials (Wertstufe 2, 3) tritt vor allem in den Böden aus schluffigen Sanden und schluffigen Sanden über Normallehmen auf. Diese Böden haben eine schlechte bis mittlere Retentionsfähigkeit von Niederschlagswasser (eine mittlere k_f mit einem geringen bis mittleren Wasserspeichervermögen). Das sehr geringe Versickerungspotential und somit die sehr hohe Retentionsfähigkeit treten vor allem in den Böden wie Regosol, Pararendzina und bedeckter Braunerde auf.

- Die Böden des Gebiets Tiefwerder Wiese werden nach der Methode BE 2.1 in drei Wertstufen bewertet (gut bis schlecht). Die höchste Funktionsfähigkeit zur Retention von Niederschlagswasser haben die naturnahen, grundwasserbeeinflussten Böden aus den lehmigen oder sandigen Schluffen über lehmigen oder schluffigen Sanden. Diese Böden weisen eine große Speicherkapazität für das Bodenwasser und eine geringere Durchlässigkeit mit einer Austauschhäufigkeit des Wassers von weniger als ein Mal bis zweimal im Jahr auf. Damit erhalten die grundwasserbeeinflussten Böden wie Niedermoorgley, Normanmoorgley, Normnassgley, Nassgley über Niedermoorgley und Gleye eine hohe bis mittlere Bewertung der Speicherkapazität und Retentionsfähigkeit von Niederschlagswasser (Wertstufe 2, 3), ausgenommen sind die Böden Pararendzina aus lehmigen oder schluffigen Sanden, die eine hohe bis mittlere Bewertung der Retentionsfähigkeit in einigen wenigen Waldstandorten im Testgebiet aufweisen. Die Böden aus schluffigen und lehmigen Sanden wie Regosole, Pararendzinen und begrabene Böden weisen nur eine geringe bis mittlere Funktionsfähigkeit zur Retention des Bodenwassers mit einer Austauschhäufigkeit des Wassers 1- 4 Mal pro Jahr auf (überwiegend der Oberböden). Der Bodentyp Normgley aus Sanden, der gelegentlich in anthropogen beeinflusstem Material ausgebildet ist, weist eine geringe Retentionsfähigkeit des Bodenwassers an einigen Standorten im Testgebiet (Wertstufe 4) auf.

Die Methode HH 2.2 bewertet die Böden des Testgebiets Tiefwerder Wiese nur in zwei Stufen (Wertstufe 1, 4). Als Böden mit einer hohen Infiltration von Niederschlägen (Wertstufe 1) gelten im Testgebiet die grundwasserbeeinflussten Böden aus den lehmigen oder sandigen Schluffen über lehmigen oder schluffigen Sanden wie Niedermoorgley, Nassgley über Niedermoorgley Normnassgley, Gleye und vor allem die Böden aus anthropogen geprägten Substraten wie Regosole. Diese Böden weisen eine niedrige Retentionsfähigkeit von Niederschlagswasser auf und somit können sie das Bodenwasser nur schlecht speichern. Die Böden der Wertstufe 1 stellen den größten Flächenanteil in diesem Testgebiet. Als Böden mit geringer Infiltration (Wertstufe 4) gelten die Böden der Pararendzinen aus Sanden und einige wenige Flächen der grundwasserbeeinflussten Böden wie Normanmoorgley und kolluvial geprägter Gley. Somit wird die Retentionsfähigkeit von Niederschlägen dieser Böden als gut bewertet.

Im Testgebiet Tiefwerder Wiese ergeben sich nach der Methode MN 2.4 für die bewerteten Böden vier Wertstufen. Die sehr gute Bewertung des Versickerungspotenzials (Wertstufe 1) und somit hohe bis sehr hohe Retentionsfähigkeit für Oberflächenwasser tritt vor allem in den sehr gut durchlässigen Böden wie Regosole und Pararendzinen aus schluffigen und lehmigen Sanden auf. Die mittlere Bewertung des Versickerungspotenzials (Wertstufe 2) ergibt sich durch mittlere bis hohe Durchlässigkeit in Kombination mit einem geringen bis sehr geringen Wasserspeichervermögen in den

Böden aus Sanden und lehmigen Sanden wie Pararendzinen und in den grundwasserbeeinflussten Böden wie Niedermoorgley, Normanmoorgley, Niedermoorgley und Normgley. Diese Böden weisen somit mittlere Speichervermögen und mittlere Retentionsfähigkeit für Oberflächenwasser auf. Die relativ schlechteste Bewertung des Versickerungspotenzials (Wertstufe 5) tritt vor allem in den Böden aus schluffigen und lehmigen Sanden wie Pararendzinen und in den grundwasserbeeinflussten Böden aus lehmigen oder sandigen Schluffen wie Normnassgley und Normanmoorgley auf. Daher besitzen diese Böden eine große Speicherkapazität für das Bodenwasser und eine geringere Durchlässigkeit (überwiegend der Oberböden).

Differenzierungsfähigkeit der Methoden (Aufteilung der bewerteten Flächen auf die Wertstufen)

Die Böden der drei Testgebiete weisen hinsichtlich ihrer Wertigkeit nach der Methode BE 2.1 einen Hauptschwerpunkt auf. Es dominieren die Böden mittlerer Wertigkeit (Wertstufe 3, 83,33 % für Natur- und Landschaftspark Johannisthal, 66,4 % für Flughafen Tempelhof und 81,41 % für Tiefwerder Wiese). Darüber hinaus nehmen die Böden dieser Wertstufe über 79 % der bewerteten Flächen in den Testgebieten (Abb. 42) ein. Somit ist sehr deutlich, dass die Methode BE 2.1 eine Konzentration bei einer Wertstufe aufweist (Wertstufe 3).

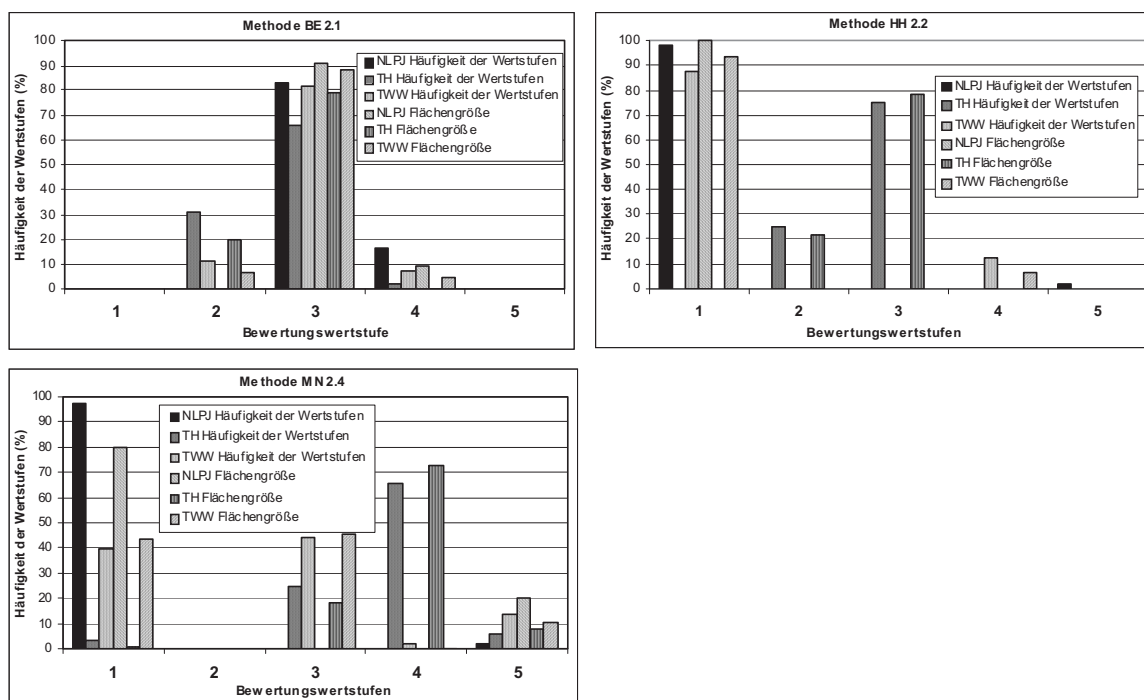


Abb. 42: Häufigkeitsverteilung der Bewertungs-wertstufen der Methoden BE 2.1, HH 2.2 und MN 2.4 der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)

Nach Methode MN 2.4 herrschen sehr hochwertige Böden (Wertstufe 1) in den Testgebieten Natur- und Landschaftspark Johannisthal und Tiefwerder Wiese vor (98,02 %, 99,94 Flächen-% und 87,62 %, 93,33 Flächen-%), während über 78 % der Flächen im Testgebiet Flughafen Tempelhof auf die Wertzahl 3 mit einer Häufigkeit von 75 % entfallen. Daneben treten auch die höher wertvollen Böden der Wertstufe 2 auf (25 %, 21,35 Flächen-%).

Nach der Methode MN 2.4 wird über 80 % der Flächen des Testgebiets Natur- und Landschaftspark Johannisthal als sehr hochwertig eingestuft (Wertstufe 1, 97,61 %), während die Böden der Testgebiete Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese mehrere Wertstufe nach dieser Methode zeigen. Hier wird die überwiegende Zahl der Flächen des Testgebiets Flughafen Tempelhof als geringwertig eingestuft (Wertstufe 4, 65,6, 72,53 Flächen-%). Nach dieser Methode werden die Bodenflächen des Testgebiets Tiefwerder Wiese vor allem als sehr hochwertige Böden mit der Wertstufe 1 (39,82 %) und Böden mittlerer Wertigkeit mit der Wertstufe 4 (44,42 %) eingestuft, so dass 43,56 % der Bodenflächen auf die Wertstufe 1 und 45,58 % der Flächen auf die Wertstufe 3 entfallen .

Diskussion

- Eindeutiger Rechtsbezug

Die rechtliche Formulierung der Bodenfunktion „*Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- (...) kreisläufen*“ im BBodSchG bietet keine Bestimmung der zu prüfenden Bewertungskriterien und somit wird der Definition dieser Kriterien ein weiter Raum gegeben. Dies erklärt die Unterschiede zwischen den Bewertungskriterien dieser Funktion durch die drei Methoden. Aber es wurden jedoch gesetzlich Schutzziele wie Schutz des Bodens und des Grundwassers betont, so dass das Verhalten des in den Boden einsickernden Wasser gesteuert werden muss.

In Stadtgebieten aufgrund der vielfältigen nutzungsbedingten Überprägungen und somit der weiten Verbreitung der anthropogen überprägten Böden kommt der Funktion als Bestandteil des Wasserkreislaufs besondere Rolle zu. Dabei nimmt in Stadtgebieten die Frage nach der Regelung des Oberflächenabflusses und der Grundwasserneubildung, insbesondere im Rahmen der Raumplanung bzw. der städtebaulichen Entwicklung (Bauleitplanung), eine zunehmende Bedeutung in Hinblick auf die Beurteilung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Überschwemmungen und somit den Schutz vor Hochwässern und einer ausreichenden Sicherstellung der Grundwasser- und damit auch Trinkwassernachlieferung ein.

Die Methode HH 2.2 bewertet die Fähigkeit des Bodens zur Wasseraufnahme (Infiltrationsvermögen) über die Betrachtung der Nutzung der Bodenflächen sowie der Infiltration von Niederschlag durch die realen kf-Werte und die Methode MN 2.4 bewertet die Fähigkeit des Bodens zur Versickerung des Oberflächenwassers über eine Kombination der Wasserleitfähigkeit (geringster kf-Horizontwert) und des Wasserspeichervermögens (nFK, bzw. nFK + FK). In diesem Zusammenhang wird auch nach diesen Methoden das in den Boden einsickernde Wasser, das von der Infiltrationskapazität abhängig ist, und somit die potentiell verfügbare Grundwasserneubildung bewertet. Aber die Methode MN 2.4 weist eine grundsätzliche Einschränkung auf, so dass der Einfluss oberflächlicher Verdichtungen bei der Bewertung nicht berücksichtigt wird. In die Bewertung der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers nach der Methode BE 2.1 geht die nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) ein. Somit bewertet diese Methode die Fähigkeit des Bodens, Wasser zu speichern (Wasserspeichervermögen), aber sie trifft keine Aussagen über die Infiltrationsfähigkeit des Wassers.

Der Rechtsbezug der Funktion Boden als Bestandteil des Wasserkreislaufs ist gewährleistet, wenn mindestens die „Leistungsfähigkeit des Bodens zur Aufnahme von Niederschlagswasser (Infiltrations-

und Versickerungsvermögen)“ geprüft werden. Zusätzlich können die anderen Wasserhaushaltsbestandteile wie Speicherleistung (Abflussverzögerung bzw. -verminderung) und Grundwasserneubildung als weiteren Kriterien geprüft werden.

- Herkunft der Datengrundlagen

Die in die Bewertung einfließenden Eingangsparameter für die drei angewendeten Methoden werden aus den Tabellen der KA5 in Anlehnung an die Daten der Bodenkartierung eingeschätzt. Die Eingangsparameter aktuelle Nutzung und Versickerung werden aus den mittelmaßstäbigen und großmaßstäbigen Karten ermittelt (Bodenschätzung). Darüber hinaus erfolgt die Bewertung der Bodenflächen nach ihrer Nutzung, bei den Mischungsflächen auch über das Ablesen der Bewertungsstufe aus den beigelegten Tabellen der Nutzungs- und Biotoptypen (dies gilt für Methode HH 2.2). Also basieren die Bewertungen der Bodenteilfunktionen der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“ auf den kartierten und nichtkartierten Bodendaten.

- Bestimmung relevanter Eingangsparameter

• Erfassung des Eingangsparameters

Unabhängig von den Zweifeln an der Gültigkeit der in die Bewertung einfließenden Parameter ist die Ableitung der Durchlässigkeit (kf-Wert), der nutzbaren Feldkapazität (nFK) und der Luftkapazität (LK) aus den Basisparametern Bodenart, Lagerungsdichte, Skelettanteil und Humusgehalt kompliziert. Außerdem ist sie nur mit einem sehr hohen Aufwand möglich, weil die Werte der Eingangsparameter für jeden Horizont für das gesamte Profil berechnet oder abgeleitet und an jede Bewertungsmethode nach ihrer Verknüpfungsregeln angepasst werden müssen.

Der kf-Wert hängt vor allem von der Porosität des Bodens ab. Diese Porosität ist wiederum von der Korngröße und Korngrößenverteilung, und damit vom Porenvolumen des Bodens abhängig. Somit sind weitere Parameter für eine bessere Vorhersage der Infiltration von Niederschlägen in den Boden, insbesondere die Ausbildung von Gefüge, Intensität und Kontinuität der organogenen Sekundärporen notwendig. Daher ist die Ermittlung der Wasserleitfähigkeit des Bodens aus Bodenart und Lagerungsdichte mit sehr hohen Unsicherheiten behaftet (HOCHFELD et al, 2002). Da erhebliche Unterschiede zwischen den Schätzwerten und den Messwerten (reale Werte), insbesondere bei bindigen Bodenarten (z.B. Lehm Böden), auftreten können, sollen die organische Substanz der Böden (Proben) berücksichtigt und die Differenzierung zwischen Ober- und Unterbodenproben vorgenommen werden.

Die berücksichtigte Nutzung der Bodenflächen und die Versickerung der auf den Boden fallenden Niederschläge wurden problemlos ermittelt. Aber die Erfassung der Parameter Versickerung, die allein mit Daten der vorliegenden digitalen Versickerungskarte im Maßstab 1:50.000 durchgeführt wird, sind für die großmaßstäbige Bewertung nicht sicher. Die aktuelle und sichere Erfassung der Parameter Nutzung kann auch nicht allein mit den Daten der Karten der Nutzungs- und Biotoptypen ermittelt werden, weil kleinräumige Besonderheiten, die maßstabsbedingt in den Karten nicht enthalten sind, nur bei einer Kartierung im Gelände erfasst werden. Weiterhin sind anthropogene Einflüsse oder Eingriffe in den Karten nicht ausreichend und mit notwendiger Aktualität erwähnt.

• Richtige Eingangsparameter

Die Bewertung des Bodens als Bestandteil im Wasserkreislauf nach den angewendeten Methoden beinhaltet in erster Linie die Bewertung der Leistungsfähigkeit des Bodens zur Aufnahme von Niederschlägen (Infiltrationsvermögen) und der Verzögerung bzw. Verminderung des Abflusses der auf den Boden fallenden Niederschläge (Speicherleistung). Von der Infiltrationskapazität des Bodens hängt ab, wieviel Niederschlagswasser in den Boden einsickert und damit potentiell der Grundwasserneubildung zur Verfügung steht; sie ist eine Funktion der Wasserleitfähigkeit (kf-Wert), denn gut vertikal ableitende Standorte vermögen auch ausreichend Wasser aufzunehmen. Die Speicherleistung (Speicherkapazität) bestimmt, wieviel davon tatsächlich für die Grundwasserneubildung zur Verfügung steht, nachdem der Bodenwasserspeicher aufgefüllt ist; sie lässt sich konventionell am besten über die nutzbare Feldkapazität (nFK) ermitteln.

In die Bewertung der Kriterien der Teilfunktionen im Wasserkreislauf nach den drei Methoden gehen die Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert) sowie die nutzbare Feldkapazität neben den anderen Parametern ein. Obwohl die drei auf Bodenkartierungen und Bodenschätzung beruhenden Methoden differenziertere Aussagen aufweisen, benötigt die Bewertung der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“ unbedingt solche Eingangsparameter, welche die Vorhersagen der Leistungsfähigkeit des Bodens für Infiltrationsvermögen und Speicherleistung weitgehend bieten.

- Allgemeine Gültigkeit

Alle drei Methoden weisen die Fähigkeit auf, flächendeckend in den Stadtgebieten angewendet werden zu können. Also können alle Flächen unabhängig von Konzentrationen der Wertstufen bewertet werden.

- Darstellung im Großmaßstab

Die Ergebnisse der Bewertung nach den drei Methoden können im Maßstab 1:10.000 und größer (untere Planungsebene) dargestellt werden.

- Anwendbarkeit

Die drei Methoden sind praktisch anwendbar, aber sie benötigen eine breite Datenbasis, insbesondere für die Schätzdaten.

- Weiterentwicklung

Für Stadtgebiete weisen die Methode BE 2.1 eine hohe funktionale Differenzierungsfähigkeit zwischen den naturnahen Böden (hier die grundwasserbeeinflussten Böden und Waldstandorte) und den mäßig bis stark anthropogen überprägten Böden auf, während die Methode MN 2.4 wesentlich detailliertere Aussagen für alle bewerteten Böden sowohl für die naturnahen Böden als auch für die anthropogen beeinflussten Böden erlaubt. Die Methode HH 2.2, nach der das Infiltrationsvermögen nur über Nutzungs- und Bodentoptypen bewertet wird, konzentriert ihre Bewertungsaussagen vor allem auf anthropogen überprägte Böden.

Die Anpassung der Methoden für weitere plausible Aussage in Stadtgebieten ist möglich.

9.2.5 Regulator im Nährstoffkreislauf

Die Gruppe der Regulator im Nährstoffkreislauf umfasst die Methoden BE 1.2 und HH 2.3. Bei der Bewertung der Teilfunktionen dieser Gruppe geht es um die reguläre (Wasser- und) Nährstoffversorgung des Bodens. Die entsprechen zu bewertenden Kriterien sind die „Fähigkeit des Bodens zur Wasser- und Nährstoffabgabe an die Pflanzen“ für die Methode BE 1.2 und „die Fähigkeit des Bodens zur Nährstoffabgabe an die Vegetation“ für die Methode HH 2.3. Die in die Bewertung einfließenden Parameter beider Methoden weichen stark voneinander ab. Die Methode BE 1.2 prüft oder bewertet die Wasserversorgung (Wasserspeichervermögen) nach den Stufen der nutzbaren Feldkapazität des Flachwurzelraums und das Nährstoffspeichervermögen (Nährstoffgehalten) im Oberboden nach der Summe der austauschbar gebundenen basischen Kationen (S-Wert). Die Methode HH 2.3 bewertet die Fähigkeit zur Nährstoffabgabe an die Vegetation auf der Grundlage des alleinigen einfließenden Faktors „mittlerer Deckungsgrad der Vegetation“. Die Böden mit ackerbaulicher oder gartenbaulicher Nutzung erhalten eine Bewertung unabhängig von ihrem aktuellen Bedeckungsgrad (sie werden immer mit Wertstufe 2 bewertet). Die Tab. 29 gibt einen Überblick über die Parameter, ihre Verknüpfungsregel und die Bildung der Bewertungswertstufen für die angewendeten Methoden.

Tab. 29: Überblick über die Eingangsparameter, ihre Verknüpfungsregeln und die Bildung der Bewertungswertstufen für die Methoden der Gruppe „Regulator im Nährstoffkreislauf“

(Quelle: eigene Darstellung)

Methode/Wertstufe	Bewertung und Wertstufe				
	sehr gut	gut	mittel	schlecht	sehr schlecht
	1	2	3	4	5
BE 1.2	Die Einstufung der Böden erfolgt auf Grundlage der Stufen der Summe der erreichten Punktezahl der für die Bodenfläche ermittelten Wasserversorgung und des Nährstoffwasservermögen des Bodens.				
Verknüpfung der Parameter (Summe der Bewertungen der Wasserversorgung und Nährstoffversorgung)	-	5 u. 6	4	2 u. 3	-
HH 2.3	Die Einstufung der Bodenfläche erfolgt anhand des mittleren Deckungsgrads der Vegetation bezogen auf die Bodenteilfläche. Acker- und Gartenbauböden werden immer mit Wertstufe 2 bewertet.				
Deckungsgrad (%)	> 75	75 - 51	50 - 26	25 - 6	5 - 0

Bewertungsergebnisse für Berliner Böden

Die verglichenen Bewertungsergebnisse der Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit zur Abgabe der Wasser- und Nährstoffe an die Pflanzen unterscheiden sich deutlich, weil die beiden Methoden abweichende Eingangsparameter verwenden. Dies ist besonders im Testgebiet Tiefwerder Wiese erkennbar. Die Anwendung der Methoden der Gruppe Regulator im Nährstoffkreislauf ergab zwei Ergebniskarten für jedes Testgebiet (Abb. 43 und 44, siehe Anlagen). Die Verteilung der Häufigkeiten kann Abb. 45 entnommen werden.

Nach der Methode BE 1.2 zeigen die Böden des Testgebiets Natur- und Landschaftspark Johannisthal ganz allgemein geringe Bewertungen (sandige Böden). Alle Bodenflächen weisen eine fast geringe Wasser- und Nährstoffversorgung auf und erhalten somit eine geringe Bewertung (Wertstufe 4), ausgenommen einiger kleinen Bodenflächen, die als mittel bewertet werden (Wertstufe 3). Nach der

Methode HH 2.3 weisen die Böden des Gebiets eine sehr geringe Versorgung mit Nährstoffen auf und sind meist als sehr niedrig einzustufen (Wertstufe 5). Ausnahmen stellen die kleinen Flächen der anthropogen beeinflussten Böden dar, die zum Teil nur geringe Vegetationsbedeckungen aufweisen und als gering bewertet werden (Wertstufe 4). Dies kann auf den hohen Anteil an Bauschutt und humosem Erdreich zurückgeführt werden.

Nach der Methode BE 1.2 weist das Testgebiet Flughafen Tempelhof ein nahezu einheitliches Bild mit überwiegend geringer Nährstoffversorgung der Böden auf (Wertstufe 4). Die mittlere Bewertung (Wertstufe 2) beschränkt sich nur auf eine kleine Teilfläche des Bodentyps Pararendzina über fossiler Fahlerde (lehmige Hochflächenböden). Nach der Methode HH 2.3 werden die Bodenflächen dieses Gebiets überwiegend als sehr gering bewertet (Wertstufe 5). Die leicht höhere Nährstoffversorgung tritt in den kleinen Bodenflächen (z.B. Regosol und Pararendzina), die einen höheren Deckungsgrad der Vegetation aufweisen, auf. Diese Bodenflächen werden als gering bewertet (Wertstufe 4).

Der anthropogene Einfluss zog teilweise deutliche Veränderungen der Wasser- und Nährstoffversorgung an Pflanzen in beiden Testgebieten Natur- und Landschaftspark Johannisthal und Flughafen Tempelhof nach sich.

Die Berliner Methode BE 1.2 bewertet die Böden des Testgebiets Tiefwerder Wiese in drei Wertstufen (gut bis gering). Die hohe Bewertung tritt vor allem in den grundwasserbeeinflussten Böden mit hohen Gehalten an organischer Substanz (naturnahe Böden) auf. Dabei weisen die Gley-Bodentypen aus schluffig-lehmigen Auensedimenten, bzw. Auenschluffe über Auensanden eine gute Wasser- und Nährstoffversorgung auf (Wertstufe 1). Mittlere bis geringe Nährstoffversorgung (Wertstufe 2 und 3) befindet sich auch auf Teilflächen dieser Böden (natürliche Substrate mit anthropogenen Beimengungen). Eine mittlere Bewertung erhalten die anthropogen beeinflussten Böden und die Böden aus anthropogen geprägten Substraten (Wertstufe 3). Dies sind vor allem die überlagerten, begrabenen Böden und Pararendzina. Diese Böden haben auf einigen Teilflächen, die naturnahe Nutzungen aufweisen, eine hohe Bewertung (Wertstufe 2). Die Hamburger Methode HH 2.3 bewertet das Testgebiet Tiefwerder Wiese in mehreren Wertstufen (sehr gut bis sehr schlecht). Hinsichtlich ihrer Fähigkeit zur Nährstoffversorgung weisen alle Böden sowohl die grundwasserbeeinflussten Böden aus lehmigen oder sandigen Schluffen über lehmigen oder schluffigen Sanden als auch anthropogen geprägten Böden aus unterschiedlichen Substraten hohe bis sehr hohe Bewertungen auf (Wertstufe 1 und 2). Aber bei den grundwasserbeeinflussten Böden liegen die Nährstoffversorgungen höher als bei den anthropogen geprägten Böden. Eine sehr schlechte Nährstoffversorgung weisen vor allem die begrabenen Böden aus schluffigen und lehmigen Sanden auf (Wertstufe 5).

Differenzierungsfähigkeit der Methoden (Aufteilung der bewerteten Flächen auf die Wertstufen)

Die flächige Differenzierungsfähigkeit ist bei der Methode HH 2.3 höher als bei der Methode BE 1.2. Diese flächige Differenzierungsfähigkeit ist gut im Testgebiet Tiefwerder Wiese erkennbar. So zeigt die Methode BE 1.2 deutliche Konzentrationen bei einer Wertstufe.

Nach der Methode BE 1.2 weisen die Testgebiete Natur- und Landschaftspark Johannisthal und Flughafen Tempelhof hinsichtlich ihrer Wertigkeit einen Schwerpunkt auf, während das Testgebiet Tiefwerder Wiese zwei Schwerpunkte aufweist.

In den Gebieten Natur- und Landschaftspark Johannisthal und Flughafen Tempelhof dominieren die geringwertigen Böden mit der Wertstufe 4, so dass über 99 % der Bodenflächen auf diese Wertstufe mit einer Häufigkeit über 95 % in beiden Testgebieten entfallen. Im Testgebiet Tiefwerder Wiese nehmen die Böden mittlerer Wertigkeit (Wertstufe 3) über 55 % der Fläche ein (46,22 %). Einen großen Flächenanteil nehmen gleichzeitig auch die höher wertvollen Böden der Wertstufe 2 ein (43,36 %, 39,03 Flächen-%).

Nach der Methode HH 2.3 liegt der Schwerpunkt insgesamt bei der Wertstufe 5 für die Böden der Testgebiete Natur- und Landschaftspark Johannisthal und Flughafen Tempelhof. In diesen Gebieten fallen über 95 % der Bodenflächen in diese Wertstufe mit einer Häufigkeit über 95 %. Im Testgebiet Tiefwerder Wiese verteilen sich die Ergebnisse mit einem klaren Übergewicht der Wertstufe 1 auf die Wertstufen eins bis fünf. Somit nehmen die sehr hochwertigen und hochwertigen Böden mit der Wertstufe 1 (40,55 %) und Wertstufe 2 (17,11 %) rund die Hälfte der Bodenflächen dieses Testgebiets ein. Daneben nehmen auch die mittlerer wertvollen Böden der Wertstufe 3 (15,04 %) großen Anteil der Fläche ein (22,69 Flächen-%). Böden geringer Wertigkeit (Wertstufe 4, 23,8 %) nehmen einen mittleren Flächenanteil von 16,06 % ein.

Beide verglichenen Methoden weisen gering abweichende Ergebnisse in den naturnahen, meist bis stark grundwasserbeeinflussten Böden auf. Diese Ergebnisse sind jedoch plausibel. Die Abweichung nimmt bei den anthropogen geprägten Böden zu.

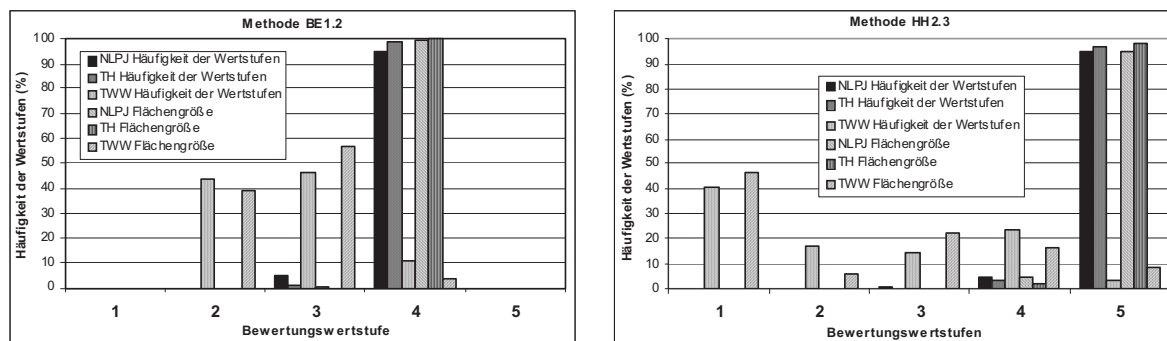


Abb. 45: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methoden BE 1.2 und HH 2.3 der Gruppe „Regulator im Nährstoffkreislauf“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)

Diskussion

- Eindeutiger Rechtsbezug

Da die gesetzliche Formulierung der Bodenfunktion „Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen (...) Nährstoffkreisläufen“ im BBodSchG für die Definition von Prüfkriterien einen weiten Raum gibt, sind daher die Unterschiede der verwendeten Methoden dieser Gruppe im Hinblick auf die Kriterien verständlich. So prüfen beide Methoden die Fähigkeit des Bodens zur Nährstoffversorgung nach verschiedenen Kriterien. Darüber hinaus ist auch der landwirtschaftliche Hintergrund dieser

Funktion der Grund für die Variation der verwendeten Kriterien. Entsprechend der Methode BE 1.2 bezieht sich diese Funktion auf die Leistungsfähigkeit der Böden für eine landwirtschaftlich-gärtnerische Nutzung (Kulturpflanzen). Sie ist damit abhängig von den „physikochemischen Eigenschaften“ der Böden und spiegelt somit die reguläre Wasser- und Nährstoffversorgung der Böden wider. Diese Eigenschaften werden nur durch Berücksichtigung der KAK_{eff} der Böden betrachtet, die aber nur die Nährstoffversorgung mit der austauschbar gebundenen basischen Kationen (S-Wert) widerspiegelt. Entsprechend der Methode HH 2.3 ist die Betrachtung des Nährstoffkreislaufs mit der (intensiven) Wirkung der Vegetation verbunden, die einen Indikator für die Aufnahme der mineralisierten Nährstoffe aus der Bodenlösung darstellt. Somit basiert die Bewertung der Nährstoffversorgung auf der Bedeckung mit Vegetation.

Bezugnehmend auf die Grundsätze des Gesetzes ist der Rechtsbezug gewährleistet, wenn der Nährstoffkreislauf durch den Nährstoffvorrat und den Nährstoffumsatz bewertet wird. Der Nährstoffvorrat wird neben den standörtlichen Bestimmungsgrößen des Bodens wie Ausgangsgestein, Bodenart, Humusmenge und Humusart auch durch Nährstoffeinträge und -austräge determiniert. Der Nährstoffumsatz lässt sich hier zwischen anorganischem bzw. mineralischem und organischem Anteil unterscheiden, ihre Dynamik wird im Wesentlichen durch die Mineralisation der organisch gebundenen Nährstoffe bzw. der gegenläufigen Immobilisation sowie durch die Nährstoffaufnahme der Vegetation bzw. der Rückführung der pflanzlich gebundenen Nährstoffe mit dem Bestandsabfall bestimmt²⁵.

Neben den vorgenannten Bedingungen sind die Wasserhaushaltsbedingungen, die vor allem die für den Nährstoffkreislauf wesentlichen Oxidations- bzw. Redoxvorgänge²⁶ im Boden steuern, zu bewerten (z.B. gasförmige Verluste im Fall des Stickstoffs).

- Herkunft der Datengrundlagen

Die Bewertung der Böden entsprechend der Methode BE 1.2 basiert auf der Verwendung der Geländedaten, so dass die in die Bewertung einfließenden Parameter aus den nach KA5 kartierten Daten abgeleitet werden, während die Erfassung der notwendigen Eingangsparameter für die Bewertung entsprechend der Methode 2.3 auf der Datenschätzung basiert, so dass die Bewertungswertstufen anhand der Klassengrenzen des Deckungsgrad der Vegetation aus den geschätzten Daten ermittelt werden.

- Bestimmung relevanter Eingangsparameter

• Erfassung des Eingangsparameters

Die Grundlagen für die Bewertung der Nährstoffkreislauf entsprechend der Methode HH 2.3 sind Bodenkarten (Datenschätzung). Die Verwendbarkeit dieser Karten bleibt vom Maßstab abhängig. Daher unterliegen diese Karten der inhaltlichen und digitalen Verarbeitung. In diesem Zusammenhang

²⁵ In Wasser gelöste, mineralische Nährstoffe stammen entweder aus der Verwitterung des Ausgangsgesteins, der Mineralisation der organischen Substanz oder dem Eintrag mineralischer Nährstoffe aus der Atmosphäre sowie aus der Düngung. Da die Verwitterung und die Mineralisation entscheidend von der Bodenreaktion (pH-Wert) abhängig sind, wird über eine Änderung des pH-Wertes auch der Stoffumsatz beeinflusst. Somit ist der Nährstoffhaushalt neben Bodenart und Humusgehalt über weitere Parameter wie den pH-Wert charakterisiert.

²⁶ Die Redoxverhältnisse steuern mögliche gasförmige Austräge im Bodenwasserhaushalt für den Nährstoffkreislauf im Boden.

wurde der mittlere Deckungsgrad der Vegetation als in die Bewertung einfließender Parameter aus den digitalen verfügbaren Nutzungs- und Biotoptypenkarten des Bodens abgeleitet. Dieser Parameter kann auch mithilfe der bodenkundlichen Geländemerkmale während der Kartierung geschätzt werden (Realnutzungskartierung), ohne dass ein zu großer zusätzlicher Aufwand entsteht.

Die Berechnung der Summe der austauschbar gebundenen basischen Kationen (S-Wert in mol_c/m^2) für den Oberboden ist komplex und benötigt auch einen großen Aufwand, so dass zu dieser Ableitung eine breite Datengrundlage von Basisparametern aufbereitet werden muss. Die Ableitung der Eingangsparameter nFK, die auf den Basisparametern Bodenart, Humusgehalt, Lagerungsdichte und Steingehalt basiert, ist problemlos.

• Richtige Eingangsparameter

In Abhängigkeit von dem Ziel der Praktikabilität verwenden beide Methoden für jeweilige Kriterien fachlich richtige Eingangsparameter. Da die nFK, die von der Bodenart und der Lagerungsdichte, dem Humusgehalt und dem Steingehalt abhängig ist, das pflanzenverfügbare Wasser darstellt, ist daher die durchschnittliche nFK im Oberboden (3 dm) ein geeigneter Parameter für eine nutzungsunabhängige Bewertung der Wasserversorgung (Methode BE 1.2). Außerdem berücksichtigt die Methode BE 1.2 bei der Bewertung der Wasserversorgung auch das aus dem Grundwasser aufsteigende Kapillarwasser. Für die zu prüfende Nährstoffversorgung (Methode BE 1.2) ist die Bestimmung des S-Werts maßgeblich, nach dem das standortspezifische Nährstoffpotential und Nährstoffverfügbarkeit in der Bodenlösung beurteilt werden kann.

Da im Einzelfall je nach Art der austauschenden Kationen Abweichungen der getroffenen Aussagen möglich sind, handelt es sich hier um die Gesamtmenge der basischen Kationen. Das Potenzial und die Verfügbarkeit von Makronährstoffen (N, P, K) bei der Bewertung der Nährstoffversorgung werden nicht berücksichtigt, insofern es nur einen Teilaspekt des Nährstoffstaus während der Bewertung bildet.

Für die Bewertung der Fähigkeit des Bodens zur Nährstoffversorgung (Methode HH 2.3) wird der Eingangsparameter der Deckungsgrad der Vegetation mit der Berücksichtigung der Flächennutzung eingeschätzt. Dieser Parameter unter natürlichen Bedingungen ist grundsätzlich erforderlich, da es für jede Bodenfläche (jeden Standort) angepasste Pflanzengesellschaften gibt, die mit dem Deckungsgrad das Speicherpotenzial der Nährstoffe und somit die Leistungsfähigkeit des Bodens zur Nährstoffversorgung widerspiegelt. In diesem Zusammenhang weisen die vegetationslosen Böden einen gestörten Kreislauf der Nährstoffe auf, so dass die mineralisierten Nährstoffe wie das nichtreaktive Nitrat der Auswaschung unterliegen und so dem System entzogen werden. Die Böden, die aufgrund einer Beeinträchtigung durch eine Nutzung (Eingriffe) einen geringen Deckungsgrad der Vegetation haben, weisen potentiell höhere Auswaschungsraten der Nährstoffe auf. Außerdem wird die mögliche Streuproduktion, aus der sich die humosen Bestandteile des Bodens bilden können, verhindert. Diese können überdies durch den Auftrag humosen Bodens gezielt etabliert werden.

Aus diesen Erläuterungen wird deutlich, dass die Kriterienbildung über die verwendeten Eingangsparameter in Abhängigkeit von Nutzungszielen jeder Methode richtig ist.

- Allgemeine Gültigkeit

Alle Bodenflächen werden entsprechend der Methoden im Rahmen der angestrebten Maßstabebene bewertet. Daher sind die beiden angewendeten Methoden im Prinzip anwendbar. Die Methode BE 1.2 ist aber für eine differenzierte Bewertung geeigneter.

- Darstellung im Großmaßstab

Die Darstellung der funktionalen Bewertungsergebnisse der angewendeten Methoden in den thematischen Karten auf der Maßstabsebene 1:5.000 - 1:10.000 ist problemlos.

- Anwendbarkeit

Die Anwendbarkeit der Methoden ist praktisch möglich, weil alle Bodenflächen entsprechend der bodenkundlichen Eingangsparameter und ihrer Verknüpfungsregeln bewertet werden können. Aber für weitere zuverlässige Bewertung benötigt die Methode HH 2.3 aktuelle Daten zum Deckungsgrad der Vegetation, der in der Regel eine schnelle Änderung in den städtischen Räumen aufweist. Somit können diese Daten nicht vorliegen.

- Weiterentwicklung

Beide Methoden können durch zunehmende Erkenntnisse weiter entwickelt werden. Wenn die aktuellen Daten zum Deckungsgrad der Vegetation bei Bewertung entsprechend der Methode HH 2.3 nicht vorhanden ist, kann die Erweiterung der Einstufung der Bodenflächen in den städtischen Räumen über die Biotoptypen erforderlich sein. Die Biotoptypen benötigen hier eine Klassifizierung für die Bewertung (Einstufung der Bodenflächen anhand der Biotoptypen).

9.2.6 Gruppe Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle

Zur Bewertung der Gruppe „Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle“ werden drei Methoden vorgestellt. Diese Methoden sind BE 3.1, HH 3.4 und MN 3.8. In diesen Methoden stellt die Bindungseigenschaften von Schwermetallen im Boden die wesentliche Bewertungsregel dar, so dass die Bewertung der Böden anhand des Kriteriums „relative Bindungsstärke für Schwermetalle“ für jeden Profil- und Bohrpunkt bis 1 m Tiefe erfolgt. In diesem Zusammenhang basieren die Bewertungsregeln der Fähigkeit zur Bindung von Schwermetallen nach diesen Methoden vor allem auf den Bindungseigenschaften von „Cadmium“. Diese Methode verwenden hier vor allem die horizontbasierten Profildaten der Bodenkartierung. Dabei werden die verschiedenen Eingangsparameter horizontweise eingestuft, daraus die Bindungsstärke des Horizontes ermittelt und die Wertstufe der Bindungsstärke des Profil- und Bohrpunkts bestimmt.

Die Fähigkeit zur Bindung von Schwermetallen wird über verschiedene pedogene Angabe für Ober- und Unterboden nach BE 3.1 bewertet. Die Bindungsstärke wird hier anhand der Parameter pH-Wert, Humusgehalt und Tongehalt ermittelt. Für die Methode HH 3.4 werden die Parameter pH-Wert, Humusgehalt, Skelettgehalt, Bodenart und Horizontsymbol,- Lage und- mächtigkeit herangezogen. Die Methode MN 3.8 verwendet in diesem Zusammenhang die Eingangsparameter pH-Wert, Humusgehalt, Skelettgehalt, Bodenart/Tongehalt und Horizontierung/Bodenform.

Nach den Methoden BE 3.1 und MN 3.8 wird die Bindungsstärke des Bodens in mehreren Schritten mit Hilfe verschiedener Verknüpfungsregeln ermittelt. Die Tab. 30 zeigt die Ermittlung der Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle und ihre Bewertung nach den drei Methoden (BE 3.1, HH 3.4 und MN 3.8).

Tab.30: Ermittlung und Bewertung der Gruppe „Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle“ nach den Methoden BE 3.1, HH 3.4 und MN 3.8

(Quelle: eigene Darstellung)

Methode/Wertstufe	Bewertung und Wertstufe				
	sehr gut	gut	Mittel	schlecht	sehr schlecht
	1	2	3	4	5
BE 3.1	<p>Die Bewertungsregeln basieren auf den Bindungseigenschaften von Schwermetallen bis 1 m Tiefe. Die Bindungsstärke des Cadmiums ist hier das Ausmaß der Bindungsstärke für Schwermetalle. Hierzu wird die Bindungsstärke des Horizonts durch die A-Werte aus dem pH-Wert, B-Werte aus dem Humusgehalt (Masse-%) und C-Werte aus dem Tongehalt (Masse-%) nach den folgenden Gleichungen ermittelt:</p> <p>Die Bindungsstärke des Horizonts ergibt sich nach der Gleichung 1. Die gesamte Bindungsstärke ergibt sich aus der Summe der Bindungsstärken von Ober- und Unterboden nach der Gleichung 2.</p> $BS_{SMHor} = BS_{SM} * M_{Hor} * (100 - GB_{Hor}) / 100 \quad \text{(Gleichung 1)}$ $BS_{SMGes} = BS_{SM_OB} + BS_{SM_UB} \quad \text{(Gleichung 2)}$				
Wertstufe	<p>Die Wertstufe für den Böden (das Profil) ergibt sich als ganzzahlig gerundeter Wert der gesamten Bindungsstärke (1-5 Stufe), Wertstufen < 1 werden mit Wertstufe 1 gleichgesetzt, Wertstufen > 5 mit Wertstufe 5.</p>				
HH 3.4	<p>Die Bewertung erfolgt für jeden Profil- und Bohrpunkt bis 1 m Tiefe. Die Bindungsstärke für den Horizont wird anhand des bestimmten A-Wertes aus dem pH-Wert, des B-Wertes aus der Humusstufe und des C-Wertes aus der Bodenart nach der Gleichung 3 ermittelt (mit einigen Ausnahmen). Sollten die Wertstufen über 5 sein, werden sie mit Wertstufe 5 gleichgesetzt.</p> $BS_{SMHor} = BS_{SM} * M_{Hor} * (100 - SK) / 100 \quad \text{(Gleichung 3)}$				
Wertstufe	<p>Die Wertstufe WS für das Profil ergibt sich als ganzzahlig gerundeter Wert nach Gleichung 4 Wertstufen > 5 werden mit Wertstufe 5 gleichgesetzt.</p> $WS = 6 - \sum BS_{SMHor} \quad \text{(Gleichung 4)}$				
MN 3.8	<p>Die Bewertung erfolgt bis 1 m Tiefe. Die Bewertungsregeln basieren auf den Bindungseigenschaften des Elements Cadmium als eine „worst-case“ Betrachtung für bis zu 6 Schwermetalle. Die Bewertung: Hierzu wird die relative Bindungsstärke des Bodens in Abhängigkeit vom pH-Wert bestimmt und beurteilt. Zu dem Ausgangswert der Bindungsstärke werden individuelle Zuschläge nach dem Ton- und Humusgehalt vergeben.</p>				
pH-Wert	8,0 - 6,3	6,2 - 5,3	5,2 - 4,8	4,7 - 3,8	3,7 - 2,5
relative Bindungsstärke	>= 4,5	3,5 - < 4,5	2,5 - < 3,5	1,5 - < 2,5	< 1,5
mit	<p> BS_{SMHor} = Bindungsstärke für Schwermetalle des Horizonts BS_{SM} = Bindungsstärke (BS = A-Wert + B-Wert + C-Wert) M_{Hor} = Horizontmächtigkeit in m (nach der Methode BE 3.1: Oberboden 0,3 m, Unterboden 0,7 m und nach HH 3.4 innerhalb der Bodentiefe 0 bis 1 m) $BSSMGes$ = gesamte Bindungsstärke von Ober- und Unterboden OB = Oberboden UB = Unterboden GB = Grobbodenanteil in Vol-% SK = Skelettgehalt in Vol-% WS = Wertstufe </p>				

Bewertungsergebnisse für Berliner Böden

Die Bewertungsergebnisse dieser Gruppe werden in Abb. 46 und 47 (beide siehe Anlagen) und Verteilung der Bewertungswertstufen in Abb. 48 dargestellt.

Die Fähigkeit der Böden zur Bindungsstärke von Schwermetallen in den drei Testgebieten ist gering bis sehr gering nach den Methoden BE 3.1 und HH 3.4 und überwiegend hoch bis sehr hoch nach der Methode MN 3.8 ausgeprägt. Dabei bewerten die Methoden BE 3.1 und HH 3.4 die naturnahen Böden und die wenig bis stark anthropogen beeinflussten Böden der drei Gebiete einheitlich mit den

niedrigen Wertstufen, während die Methode MN 3.8 die Böden in mehreren Wertstufen bewertet und somit eine deutlichere Differenzierung der Fähigkeit der Bindungsstärke zwischen den naturnahen Böden und den anthropogen beeinflussten Böden als die anderen Methoden zeigt, insbesondere im Testgebiet Tiefwerder Wiese. Hierzu ist die Bindungsstärke in den naturnahen Böden (z.B. Nassgley über Niedermoorgley, Normnassgley, Normanmoorgley und Niedermoorgley) im Testgebiet Tiefwerder Wiese aufgrund des hohen Anteils organischer Substanzen, von Fe-, Al-, und Mn-Oxiden und der günstigen Bodenreaktion (5,4 bis < 6,8) wesentlich besser als in den stark anthropogen überprägten Pararendzinen und Regosolen. Vor allem die Böden mit hohen Anteilen an Humusgehalt von über 15 % zeigen eine sehr hohe Affinität gegenüber Cd und Cu, wodurch die Anreicherungen in mineralischen Substraten weit überstiegen werden. Darüber hinaus bestätigen sich die hohen Bindungsstärken der naturnahen Böden durch die vertikale Verteilung der Schadstoffe in den Leitprofilen und die häufigen Überschreitungen der Schadstoffgehalte gemäß der Vorsorgewerte der BBodSchV, insbesondere in den Oberen Horizonten (vgl. Kapitel 9.2.3). Im Testgebiet Flughafen Tempelhof weisen die carbonathaltigen Böden (Pararendzinen und Pararendzinen über Fahlerden oder Braunerden) aufgrund der günstigen Bodenreaktion, der zum Teil hohen pH-Werte und der durchschnittlich höheren Anteile an Humusgehalten eine etwas bessere Fähigkeit zur Bindung von Schwermetallen etwas besser als die carbonatarmen Böden (Fahlerden, Regosole und Regosole über Braunerden oder Fahlerden) auf. In den carbonathaltigen Böden, die starke anthropogenen Überlagerungen mit natürlichen und zum Teil künstlichen Substraten erhielten, im Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal (Lockersyrosem, Regosol, Regosol über Braunerde oder Gley, Pararendzina über vergleyter Braunerde, karbonathaltiger Kolluvisol, karbonathaltiger Kolluvisol über tiefer fossiler Braunerde) ist die Bindungsstärke aufgrund ihrer durch die höheren Carbonatgehalte günstigeren Bodenreaktion und der höheren pH-Werte etwas besser als die anderer vorkommender Böden.

Im Allgemein steigt die Bindung von Schwermetallen in den Testgebieten vor allem mit zunehmendem Gehalt an organischer Substanz und der Zunahme des pH-Werts. Der Anteil des Tongehalts ist sehr gering. Somit haben hier die Huminstoffe, die Sesquioxide und der pH-Wert den wichtigen Einfluss auf die Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle.

Differenzierungsfähigkeit der Methoden (Aufteilung der bewerteten Flächen auf die Wertstufen)

Hinsichtlich der Wertigkeit weisen die Böden deutliche Differenzierungen für die drei Testgebiete auf. Dabei zeigt die Methode MN 3.8 eine deutlichere Differenzierung als die Methoden BE 3.1 und HH 3.4 (Abb. 48). Nach Methode BE 3.1 zeigen die Böden der drei Testgebiete ganz schlechte Bewertungen der Fähigkeit zur Bindungsstärke von Schwermetallen. Alle Bodentypen weisen hier die Wertstufe 4 auf (100 %). Nach der Methode HH 3.4 zeigen die Böden, die ähnliche Zusammensetzung aufweisen, ganz allgemein schlechte bis sehr schlechte Bewertungen, so dass die Böden der drei Testgebiete überwiegend mit der höchsten Wertstufe (Wertstufe 5) bewertet werden (Natur- und Landschaftspark Johannisthal, 89,26 %, 91,51 Flächen-%), Flughafen Tempelhof, 90,40 %, 98,28 Flächen-%), Tiefwerder Wiese, 78,77, 75,14 Flächen-%). Dagegen entfallen weniger 25 % der Flächen jeder Testgebiete auf die Wertzahl 4. Die Methode MN 3.8 bewertet die Testgebiete in vier Wertstufen (sehr gut bis schlecht). Nach dieser Methode dominieren mit über 70 % Böden der

Wertstufe 1 und Wertstufe 2 aufgrund vorherrschender häufiger Böden mit weit verbreiteten Bodeneigenschaften.

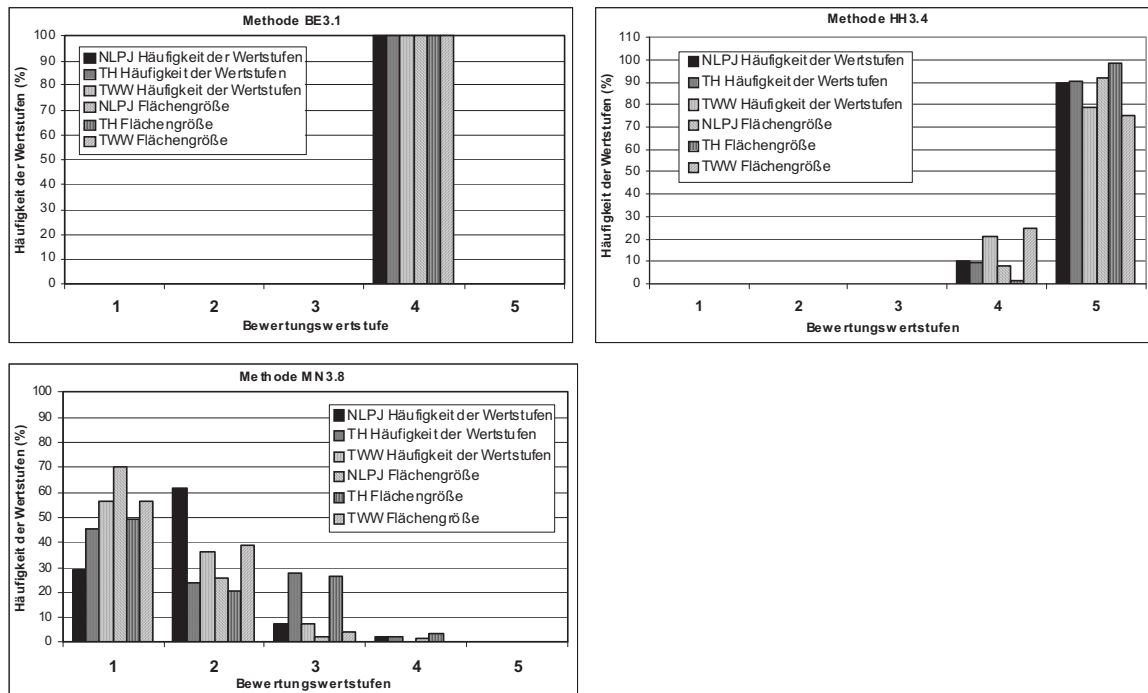


Abb. 48: Häufigkeitsverteilung der Bewertungs-wertstufen der Methoden BE 3.1, HH 3.4 und MN 3.8 der Gruppe „Bindungsstärke des Bodens für Schwer-metalle“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)**Diskussion**

- Eindeutiger Rechtsbezug

Die „Bindungsstärke für Schwermetalle“ tritt aufgrund ihrer Aussagen über die Bindungsfähigkeit des Bodens von Schwermetallen als wichtige Bodenteilfunktion in der im BBodSchG genannten natürlichen Funktion „Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen...“ auf.

- Herkunft der Datengrundlagen

Die Bewertung der Bindungsstärke für Schwermetalle nach den drei Methoden basiert auf punktuellen, weitgehend objektiven Aufnahmen (Bodenproben, Bohrungen und Bodenprofilen) nach KA. Die Methoden BE 3.1 und HH 3.4 bilden einen Summenparameter aus Bodenart/Tongehalt, Humusgehalt und pH-Wert für die Schwermetalle. Somit erfordert die Bewertung der Gruppe „Bindungsstärke für Schwermetalle“ im Wesentlichen eine gute Datengrundlage, die aus der Bodenkartierung stammt.

- Bestimmung relevanter Eingangsparameter

• Erfassung des Eingangsparameters

Alle Methoden sind grundsätzlich auf der Bodenkartierung aufgebaut. Die Ermittlung der Eingangsparameter Bodenart bzw. Tongehalt, Humusgehalt, pH-Wert, Skelettgehalt und Horizontsymbol ist problemlos und somit fehlen keine Daten.

- **Richtige Eingangsparameter**

- Die Bindung von Schwermetallen des Bodens und damit das Gefährdungspotenzial erfolgt durch Adsorption an Huminstoffe, Tonminerale oder Sesquioxide und anschließende Bildung teils unlöslicher Verbindungen (z.B. Oxide, Hydroxide, Carbonate) in Abhängigkeit von den Bindungseigenschaften des Bodens und den Eigenschaften der Schwermetalle. Gleichzeitig ist die Bindungsstärke stark vom pH-Wert abhängig, da bei höheren pH-Werten der Übertritt der Schwermetalle in die Bodenlösung erschwert wird. Somit kann die Bindung von Schwermetallen anhand verschiedener Merkmale bewertet werden. Die drei Methoden berücksichtigen im Lauf der Bewertung die wesentlichen Parameter (Tongehalt, Humusgehalt, pH-Wert und Bodentiefe), welche sich die relative Bindungsstärke der Böden für die Schwermetalle beurteilen lassen. Obwohl die Schwermetalle in Böden in unterschiedlichem Maß gebunden werden, bleiben der Eisenoxidgehalt und die Eigenschaften der (mobilen) einzelnen Schwermetalle unberücksichtigt.

- Obwohl die drei auf der Bodenkartierung basierende Methoden im Prinzip dieselben Eingangsparameter zur Bewertung des Kriteriums „Fähigkeit zur Bindung von Schwermetallen“ verwenden, weist jedes Testgebiet deutliche Abweichungen je nach Bodentyp zwischen den Wertstufen für die drei Methoden auf, insbesondere bei dem Vergleich der Methode MN 3.8 zu den anderen Methoden. Der Grund dieser Abweichungen ist der Unterschied zwischen den Verknüpfungsregeln der Eingangsparameter bei der Ermittlung der Bindungsstärkestufen für Schwermetalle. So wird zur Ermittlung der Bindungsstärke nach der Methode MN 3.8 der pH-Wert des jeweiligen Horizonts benutzt. Zu dem ermittelten Wert der Bindungsstärke werden die Werte als Zuschläge in Abhängigkeit von dem Humus- und Tongehalt vergeben. Somit weist diese Methode die stärkere Gewichtung des Eingangsparameters „pH-Wert“ bei der Ermittlung der Bewertungswertstufen im Vergleich zu den anderen Methoden auf.

- Bei dem Vergleich der nach den Methoden BE 3.1 und HH 3.4 gelieferten Bewertungsergebnisse zeigt es, dass sich die Abweichung auf eine Wertstufe in den drei Gebieten beschränkt. Der Grund ist: beide Methoden verwenden ein gleiches Kriterium und nahezu demselben Bewertungsablauf (fast identische Wertstufenbildung). Die Eingangsparameter für die Bewertung sind hier pH-Wert, Bodenart/Tongehalt und Humusgehalt. Die weitere Differenzierung erfolgt über den Skelettgehalt und ihre Verknüpfungsregel mit den anderen Parametern.

- Das nach den Methoden BE 3.1 und HH 3.4 bewertete Kriterium „Fähigkeit zur Bindung für Schwermetalle im Boden“ führen, im Gegensatz zu der Methode MN 3.8, zur unplausiblen Differenzierung der Bindungsstärke der Schwermetalle in dem definierten Bodenabschnitt im Bodenkörper. Daher bleibt die Gefährdungsabschätzung nach den Methoden BE 3.1 und HH 3.4 für ein konkretes Schwermetall etwas eingeschränkt.

- **Allgemeine Gültigkeit**

Die in den Testgebieten bewerteten Böden stellen ein breites Spektrum von naturnahen Böden über anthropogen beeinflusste Böden bis hin zu rein anthropogen geprägten Böden dar. Daraus ergeben sich unterschiedliche Fähigkeiten zur Bindung von Schwermetallen in Bezug auf die Eigenschaften der Schwermetalle und die Bindungseigenschaften des Bodens. Daher sollen die unterschiedlichen Bindungsstärken des Bodens für Schwermetalle, insbesondere für die Methoden BE 3.1 und HH 3.4,

durch eine plausible und richtig abgestufte Differenzierung (mehrere Bewertungswertstufen) abgebildet werden.

Auf der Grundlage der beschriebenen Ergebnissen ist Methode MN 3.8 für die differenzierte Bewertung von Stadtböden besser geeignet als die Methode HH 3.4 und auf allen Planungsebenen anwendbar. Wegen der geringen Aussagekraft ist die Methode BE 3.1 für Stadtböden (in der Maßstabsebene 1:5.000 -1:10.000) nicht geeignet.

- Darstellung im Großmaßstab

Die Darstellung der Bewertungsergebnisse für die drei Methoden ist in den thematischen Karten im Maßstab 1:5.000 bis 1:10.000 problemlos.

- Anwendbarkeit

Alle Methoden sind allgemein anwendbar und benötigen die Eingangsparameter für jeden Horizont durch Geländeerhebungen.

- Weiterentwicklung: Auf der Basis der Darstellungen können die Methoden, insbesondere BE 3.1 und HH 3.4, für die Verbesserung der Aussagekraft zur Bodenteilfunktion „Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle“ in Stadtgebieten nach Möglichkeit entwickelt oder modifiziert werden.

9.2.7 Gruppe Bindung von organischen Schadstoffen

Für diese Gruppe wurde die Methode HH 3.5 aus Hamburg benutzt, die sich mit dem Kriterium „Fähigkeit des Bodens zur Bindung von organischen Schadstoffen“ befasst. Die in die Bewertung einfließenden Parameter sind Humusgehalt, Auflagehorizont, Zersetzungsstufe von Humus und die Bodenart. Die Bewertung der Fähigkeit zur Bindung von organischen Schadstoffen im Boden erfolgt hier horizontweise für jeden Profilpunkt bis max. 1 m Profilmächtigkeit.

Bewertungsergebnisse für Berliner Böden

Abb. 49 und 50 (siehe Anlagen) verdeutlichen die Verteilung der Bewertungswertstufen für die drei Testgebiete. Abb. 51 zeigt die zugehörigen Häufigkeitsverteilungen. Wie aus den Abb. 49 und 50 zu entnehmen ist, zeigen die Bewertungsergebnisse für die zu bewertenden Bodenflächen der drei Gebiete eine vergleichsweise niedrige Einstufung. Also weisen die Böden in den drei Testgebieten entsprechend der Methode HH 3.5 maximal zwei Wertstufen auf.

Die Böden der drei Testgebiete zeigen ganz allgemein sehr schlechte Bewertungen (Wertstufe 5). Die schlechte Bewertung (Wertstufe 4) im Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal tritt nur auf einigen wenigen Teilflächen von Regosolen auf.

Die Fähigkeit zur Bindung von organischen Schadstoffen im Boden (Oberboden) des Flughafens Tempelhof ist mittel bis hoch ausgeprägt (Wertstufe 4 und 5). Die carbonathaltigen Böden (Pararendzinen und Pararendzinen über Fahlerden) erhalten dabei eine bessere Fähigkeit zur Bindung von organischen Schadstoffen aufgrund ihrer durch die höheren Carbonatgehalte günstigeren

Bodenreaktion und der durchschnittlich etwas höheren Gehalte an organischer Substanz etwas als die carbonatarmen Böden (Fahlerden, Regosole und Regosole über Braunerden oder Fahlerden).

Im Testgebiet Tiefwerder Wiese weisen die naturnahen, grundwasserbeeinflussten Böden aufgrund ihrer höheren organischen Substanz eine höhere Fähigkeit zur Bindung von organischen Schadstoffen, insbesondere im Oberboden, als die anthropogen beeinflusste Böden und anthropogen geprägten Böden auf. Somit tritt die relativ höchste Bewertung (Wertstufe 4) im Testgebiet in diesen Böden (Gleyböden) auf.

In den Testgebieten, insbesondere im Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal, sind neben den Gehalten an Schwermetallen auch organische Schadstoffe in mg/kg im Labor analysiert worden. Alle untersuchten Standorte, ausgenommen einiger weniger Teilflächen von Regosolen, wiesen keine Belastung mit organischen Schadstoffen über den Vorsorgewerte der BBodSchV für alle untersuchten organischen Schadstoffe auf. Dies bestätigt die Bewertungsergebnisse nach der Methode HH 3.5 in diesem Testgebiet.

Im Zusammenhang mit der Beurteilung der Bindungsfähigkeit für organische Schadstoffe werden die Böden der Testgebiete generell als „sehr gut“ hinsichtlich der Filter- und Pufferfunktion für organische Schadstoffe bewertet.

Allgemein geben die Ergebnisse der Bewertung der Bindung von organischen Schadstoffen nach vorhandenen Daten ein überwiegend plausibles Bild.

Differenzierungsfähigkeit der Methoden (Aufteilung der bewerteten Flächen auf die Wertstufen)

Die Böden der drei Testgebiete weisen hinsichtlich ihrer Wertigkeit einen Hauptschwerpunkt auf. Es dominieren die sehr geringwertigen Böden, so dass in den Testgebieten mehr als 91 % der Bodenflächen auf die Wertstufe 5 mit einer Häufigkeit über 89 % entfallen. Daneben nehmen Böden geringer Wertigkeit (Wertstufe 4) einen sehr geringen Flächenanteil von 8 % ein (Abb. 51).

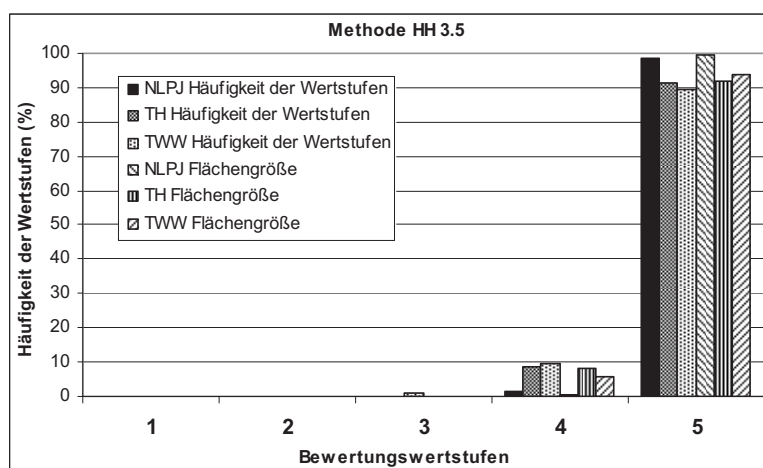


Abb. 51: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methode HH 3.5 der Gruppe „Bindung von organischen Schadstoffen“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)

Diskussion

- Eindeutiger Rechtsbezug

Die Teilfunktion „Bindung von organischen Schadstoffen“ stellt eine wichtige Leistung von Böden im Rahmen der gesetzlich formulierten natürlichen Bodenfunktion *„Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers“* dar.

- Herkunft der Datengrundlagen

Die Methode basiert auf den Daten der Bodenkartierung nach KA5, Laborergebnissen und ihrer Auswertungen für die Beurteilung der Bindungsfähigkeit des Horizontes von organischen Schadstoffen.

- Bestimmung relevanter Eingangsparameter

• Erfassung des Eingangsparameters

Die Ermittlung der Eingangsparameter (Humusgehalt, Auflagehorizont, Zersetzungsstufe von Humus, Skelettgehalt, Bodenart) ist problemlos.

• Richtige Eingangsparameter

Die Bindung von organischen Schadstoffen in Böden hängt von verschiedenen stofflichen und bodenspezifischen Einflussfaktoren ab: a) von dem chemischen Charakter und der Konfiguration der organischen Schadstoffe, b) der Konzentration der organischen Schadstoffe in der Bodenlösung und ihren löslichkeitsbestimmenden Eigenschaften (Säuregrad (pH-Wert), Redoxpotential und Temperatur), c) den Bindungseigenschaften des Bodens, d) der Art und Intensität der Perkolation des Bodens. Da die Adsorption der organischen Schadstoffe vor allem an die organische Bodensubstanz erfolgt, sind dabei die verwendeten Eingangsparameter „Säuregrad (pH-Wert), Humusgehalt und Bodenart“ für die Bewertung der Fähigkeit zur Bindung von organischen Schadstoffen im Boden von besonderer Bedeutung und daher auch fachlich richtig.

- Allgemeine Gültigkeit

Die auf der Bodenkartierung basierende Methode ist im Prinzip für alle Bodenflächen anwendbar.

- Darstellung im Großmaßstab

Die Darstellung der Bewertungsergebnisse in der großen Maßstabsebene 1:5.000 - 1:10.000 ist problemlos.

- Anwendbarkeit

Die Methode HH 3.5 benötigt Eingangsdaten, die meistens als Basisparameter der Bodenkartierung vorhanden sind. Daher ist diese Methode praktisch anwendbar.

- Weiterentwicklung

Obwohl die Methode eine Einstufung des Bodens in 5 Wertstufen gibt, ist eine Anpassung oder Änderung der Verknüpfungsregeln für stärkere Differenzierung, insbesondere für grundwasserbeeinflusste Horizonte, aus planerischer Sicht erforderlich. Diese Anpassung ist möglich.

9.2.8 Gruppe Abbau von organischen Substanzen

Die Gruppe „Abbau von organischen Substanzen“ beinhaltet lediglich die Methode HH 3.6 aus Hamburg. Die „Fähigkeit zum mikrobiellen Abbau organischer Substanzen“ wird hier als Kriterium bewertet. Die Bewertung unterscheidet hinsichtlich der Abbauleistung zwischen gehölzbestandenen Biotopen und Mooren, Standorten mit anthropogenen Böden sowie Ackerstandorten²⁷. Für Grünland- und Brachstandorte hat das Hamburger Bewertungsverfahren derzeit keine fachliche abgestimmte Teilmethode. Die in die Bewertung einfließenden Parameter sind Humusform, Substrat/Bodenart und Entwicklungstiefe des A-Horizontes. Im Folgenden werden die Bewertungsergebnisse getrennt gezeigt:

Bewertungsergebnisse für Berliner Böden

A) Standorte mit anthropogenen Böden

Die Abb. 52 und 53 (siehe Anlagen) zeigen die Bewertungsergebnisse des Bodens hinsichtlich ihrer Fähigkeit zum mikrobiellen Abbau von organischen Substanzen in den Testgebieten. In Abb. 54 ist die Verteilung der Häufigkeiten der Bewertungswertstufen dargestellt. Die Methode HH 3.6 bewertet die Böden der drei Testgebiete als „Standorte mit anthropogenen Böden“ in drei Wertstufen (mittel bis sehr schlecht). Die meisten Böden in den Testgebieten Natur- und Landschaftspark Johannisthal und Flughafen Tempelhof erhalten die Wertstufe 3 (mittlere Funktions-erfüllung). Die schlechtere Bewertung treten auf kleinen Bodenteilflächen auf (Wertstufe 4 und 5). Dabei weisen die carbonathaltigen Böden aufgrund ihrer durch die höheren Carbonatgehalte günstigeren Bodenreaktion und der durchschnittlich höheren Gehalte an organischer Substanz (pH-Bereich von 5,5 - 6,2 und Humusgehalt zwischen 2 und 4 %) etwas höhere mikrobielle Biomassen und Aktivitäten und somit einen besseren Abbau der organischen Verbindungen als die carbonatarmen Böden (wie von Regosolen und Braunerden begrabener Gley im Natur- und Landschaftspark und Fahlerden, Regosole über Braunerden oder Fahlerden im Flughafen Tempelhof) auf. Im Testgebiet Tiefwerder Wiese bleiben 54,45 % der Fläche mit dieser Methode nicht bearbeitbar, weil die Grünland- und Brachstandorte, die einen Flächenanteil von 29,74 % einnehmen, nicht bewertet werden können und die übrigen Bodenflächen als „Gehölzbestandene Biotope und Moore“ getrennt bearbeitet werden. Dagegen können die gesamten Standorte mit anthropogenen Böden bewertet werden. Also erhalten in diesem Testgebiet die begrabenen semiterrestrischen Böden unter anthropogen geprägten terrestrischen Böden aus kalkhaltigen anthropogenen Substraten wie von Pararendzinen bedeckten Gleyeböden und rein anthropogen beeinflussten Teilflächen der Gleyeböden, die eine höhere Mächtigkeit des anthropogen geprägten Substrates und somit eine Akkumulation organischer

²⁷ Die Bewertung der Abbauleistung für Ackerstandorte weist keine Relevanz für Berlin auf.

Bodensubstanz in tieferen Bodenschichten aufweisen, eine deutlich höhere Bewertung als die anderen Standorte (Wertstufe 3).

Insgesamt hat die Methode HH 3.6 hinsichtlich der Potenziale zum Abbau organischer Schadstoffe für „anthropogene Böden“ plausible Bewertungsergebnisse in den drei Testgebieten ergeben.

Differenzierungsfähigkeit der Methoden (Aufteilung der bewerteten Flächen auf die Wertstufen)

Die Verteilung der Häufigkeiten der Wertstufen zeigt, dass in den Testgebieten Natur- und Landschaftspark Johannisthal und Flughafen Tempelhof Böden mittlerer Wertigkeit mit der Wertstufe 3 vorherrschen (Häufigkeit über 80 %). Diese Böden erhalten über 87 % der Flächen, während die Böden des Testgebietes Tiefwerder Wiese die Dominanz geringwertiger Böden mit der Wertstufe 4 aufweisen (81,65 %, 64,44 Flächen-%). Daneben nehmen Böden mittlerer Wertigkeit (Wertstufe 3) einen Flächenanteil von 17,31 % mit einer Häufigkeit von 31,11 % ein (Abb. 54).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Methode HH 3.6 hinsichtlich der Bewertung des Kriteriums „Fähigkeit zum mikrobiellen Abbau von organischen Substanzen“ für „anthropogene Standorte“ eine deutliche Differenzierung, insbesondere zwischen den anthropogen beeinflussten Böden aus Sanden oder schluffigen und lehmigen Sanden und den naturnahen, grundwasserbeeinflussten Böden aus lehmigen und sandigen Schluffen, aufweist. Somit ergibt allerdings die Methode HH 3.6 plausible Bewertungsergebnisse in den drei Testgebieten.

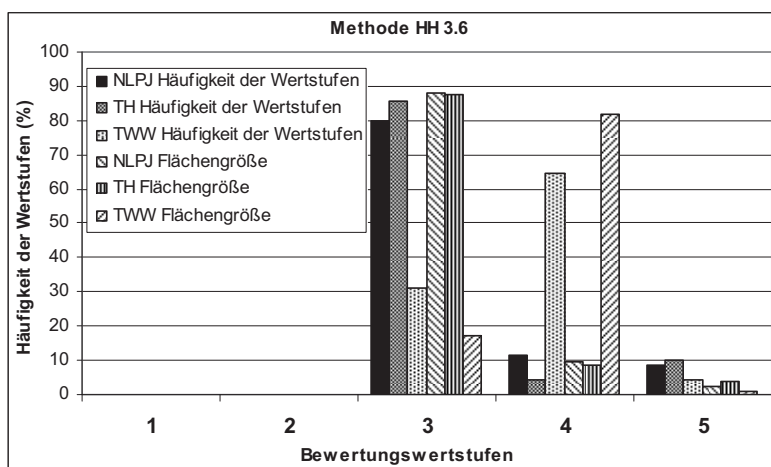


Abb. 54: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methode HH 3.6 der Gruppe „Abbau von organischen Schadstoffen“ in den drei Testgebieten; „Standorte mit anthropogenen Böden“, (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)

B) Gehölzbestandene Biotope und Moore

Die Bewertungsergebnisse der Bodenflächen des Testgebiets Tiefwerder Wiese als „Gehölzbestandene Biotope und Moore“ (Abb. 55 und 56) zeigen, dass über 75 % der gesamten Fläche nicht bewertet werden können. Dieser große Anteil der nicht bewerteten Bodenflächen geht auf ein methodisches Problem (keine Teilmethode für die Bewertung der Abbauleistung für Grünland- und Brachstandorte) und eine Eigenart des Testgebiets (Auftreten der getrennt bewerteten anthropogenen Standorte) zurück. Die Methode HH 3.6 bewertet jedoch die Böden dieses Testgebiets in drei Wertstufen (mittel bis sehr schlecht).

Hinsichtlich der Abbaufähigkeit von organischen Substanzen werden große Teile des Testgebietes als „schlecht“ bewertet. Dies sind vor allem grundwassernahe Standorte (Gleyböden) mit hohem Gehalt an organischer Substanz (Wertstufe 4). Eine mittlere Bewertung mit der Wertstufe 3 erhalten kleinräumig verbreitete nährstoffreiche und grundwasserbeeinflusste Gleyböden sowie einige kalkarme und nährstoffreiche Standorte (von Regosolen bedeckter Gley). Die Standorte, die grundwasserbeeinflusste Böden besitzen, kalkfrei sind und pH-Werte zwischen 6,3 und 6,8 aufweisen, sind ebenfalls durch eine geringere Abbauleistung (Wertstufe 5) gekennzeichnet (Gley aus Auenschluffen bzw. Auenschluffe über Auensanden).

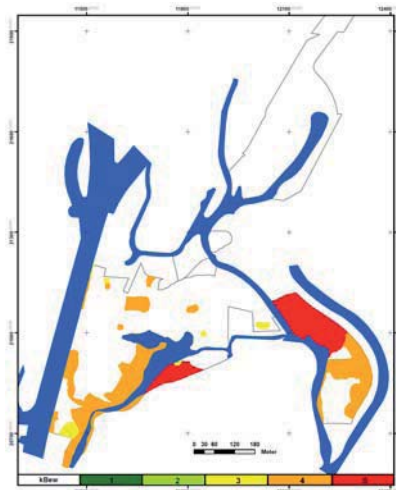


Abb. 55: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Abbau von organischen Substanzen“ (Methode HH 3.6) für „gehölzbestandene Biotope und Moore“ im „Testgebiet Tiefwerder Wiese“

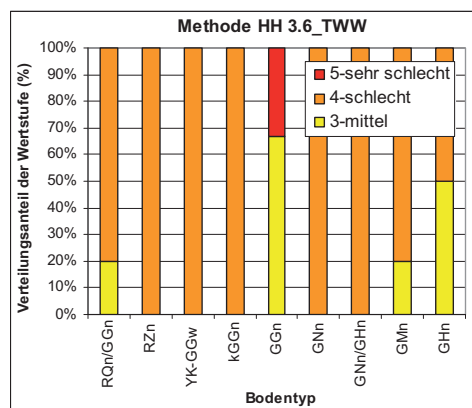


Abb. 56: Verteilungsanteile der Bewertungs-wertstufen je Bodentyp für die Methode HH 3.6 der Gruppe „Abbau von organischen Substanzen“ im Testgebiet „Tiefwerder Wiese (TWW)“, „gehölzbestandene Biotope und Moore“

Differenzierungsfähigkeit der Methoden (Aufteilung der bewerteten Flächen auf die Wertstufen)

Wie aus Abb. 57 zu entnehmen ist, weisen die Böden des Testgebiets Tiefwerder Wiese hinsichtlich ihrer Wertigkeit einen Schwerpunkt auf. Dabei nehmen weitgehend geringwertigen Böden mit der Wertstufe 4 (78,37 %) große Flächen ein (63, 93 %). Die sehr geringwertigen Böden (Wertstufe 5) nehmen einen mittleren Flächenanteil von 32,14 % mit einer Häufigkeit von 13,52 % ein. In diesem Testgebiet entfallen nur 3,93 % der bewerteten Bodenflächen als Böden mittlerer Wertigkeit auf die Wertstufe 3 mit einer Häufigkeit von 8,11 %.

Der Vergleich der Bewertungsergebnisse aus Tiefwerder Wiese hinsichtlich der Abbauleistung von organischen Substanzen für „Standorte mit anthropogenen Böden“ und „gehölzbestandene Biotope und Moore“ zeigt, dass die Differenzierung der Wertstufen und die Dominanz geringwertiger Böden mit den Anteilen der Flächen und Häufigkeiten identisch sind. Dieses Ergebnis zeigt wiederum, dass es sich bei der Aufteilung der bewerteten Flächen nur auf die drei Wertstufen nicht um ein methodisches Problem, sondern um eine Eigenart der Testgebiete handelt.

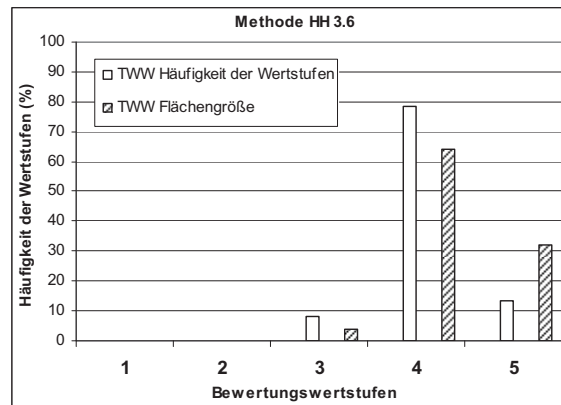


Abb. 57: Häufigkeitsverteilung der Bewertungs-wertstufen der Methode HH 3.6 der Gruppe „Abbau von organischen Schadstoffen“ im Testgebiet (TWW = Tiefwerder Wiese); „Standorte mit anthropogenen Böden“

Diskussion

- Eindeutiger Rechtsbezug

Im Rahmen der gesetzlichen Formulierung der Funktion „*Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers*“ hat die Bewertung der Leistung von Böden zum Abbau von organischen Substanzen eine große Bedeutung für die Prognose der Umwandlung und/oder den Transport von organischen Schadstoffen, da biologische Abbauprozesse eine kontinuierliche Schadstoffelimination und damit eine langfristige Minimierung der Boden- und Grundwassergefährdung bewirken können.

- Herkunft der Datengrundlagen

Die Bewertung dieser Funktion erfolgt auf der Grundlage der Informationen der Bodenkartierung nach KA5.

- Bestimmung relevanter Eingangsparameter

• Erfassung des Eingangsparameters

Die Ableitung der Eingangsparameter Humusform, Humusgehalt, Bodentyp, Substrat und Skelett ist problemlos.

• Richtige Eingangsparameter

Die mikrobielle Aktivität für die Elimination organischer Schadstoffe ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Als Einflussfaktoren für Abbau und Umwandlung der organischen Substanz sind

spezifische Stoffeigenschaften wie Art und Struktur der organischen Substanz, die z.B. die Nährstoffversorgung bestimmt, Boden- und Standorteigenschaften, klimatische Bedingungen wie Temperatur und Feuchte, Redox- oder O₂ Einfluss und die biologische Aktivität als die Faktoren, die wesentlich die standörtliche Eliminierungsstufe oder Abbaurate von organischen Schadstoffen bestimmen können, sowie die standörtliche Temperatur von größtem Einfluss. Der wichtigste Eingangsparameter „Humusform“, der von den oben genannten Einflussfaktoren abhängig ist, wird von der Methode HH 3.6 für die Bewertung der mikrobiellen Abbauleistung für „gehölzbestandene Biotope und Moore“ verwendet. Außerdem wurde diese Methode für die Bewertung der mikrobiellen Abbauleistung für „anthropogene Böden“ mit den Eingangsparametern „technogene Substrate“ und „Ausprägung von Humushorizonten“ (A-Horizonte) entwickelt, so dass diese verwendeten Parameter eine entscheidende Rolle zur Schätzung der mikrobiellen Biomasse für „Standorte mit anthropogenen Böden“ bilden. Diese in die Bewertung einfließenden Parameter sind daher zweifellos fachlich richtig. Aber die Beurteilung der fachliche Richtigkeit der verwendeten Parameter zur Prüfung des Kriteriums „Fähigkeit zum mikrobiellen Abbau organischer Substanzen“ bereitet noch deutliche Schwierigkeiten bei der Bewertung der Teilfunktion dieser Gruppe, was wohl auch der Hauptgrund dafür ist, dass die Leistung von Böden zum Abbau von organischen Schadstoffen für „Grünland-, Brach- und Ackerstandorte“ nicht bewertet wird.

- Allgemeine Gültigkeit

Die verwendete Methode HH 3.6 ist nicht für alle potenziellen Bodenzustände anwendbar. Also existiert für die Bewertung der Abbauleistung von organischen Schadstoffen für „Grünland und Brachen“ derzeit keine fachlich abgestimmte Methode. Diese Methode weist für die anderen Bodenzustände keine Einschränkungen, einschließlich der suburbanen Böden, auf. Außerdem ist die Methode grundsätzlich für eine differenzierte Bewertung geeignet und auf der größeren Planungsebene anwendbar.

- Darstellung im Großmaßstab

Die Darstellung der Bewertungsergebnisse in der großen Maßstabsebene 1:5.000 - 1:10.000 ist problemlos.

- Anwendbarkeit

Die Methode HH 3.6 berücksichtigt alle wichtigen Einflussgrößen, die ihre Bestimmung mit einem geringen Aufwand möglich ist. Somit ist sie praktisch anwendbar.

- Weiterentwicklung

Die Methode HH 3.6 erfordert zweifellos eine Anpassung an andere Stadtgebiete wie Grünlandstandorte und Brachen (z.B. Testgebiet Tiefwerder Wiese), so dass diese Standorte sich in der Stadt Berlin befinden und als Stadtböden untersucht und bewertet. Da für diese Böden derzeit keine fachliche Bewertungsmethode bestimmt wird, wäre die Anpassung der Methode HH 3.6 an diese Böden nur mit einem sehr hohen Aufwand möglich.

9.2.9 Gruppe Säureneutralisationsvermögen

In die Gruppe Säureneutralisationsvermögen wird lediglich die Methode HH 3.7 aus Hamburg gestellt. Für die Bewertung der Pufferfunktion für Säuren wird das Kriterium „Fähigkeit zur Neutralisation von Säuren“ verwendet. Die Eingangsparameter sind hier Horizontsymbol, -lage und -mächtigkeit, Tongehalt, Skeletthalt, Trockenrohdichte, Humusgehalt, pH-Wert, Carbonatgehalt. Für jeden Horizont wird über die Feinbodenmenge der Säureneutralisationskapazität ermittelt und anschließend für die gesamte Profiltiefe bis 1 m Meter berechnet. Abschließend wird die Säureneutralisationskapazität des gesamten Profils aus ihren Wertstufen bewertet.

Bewertungsergebnisse für Berliner Böden

Die Ergebnisse der Bodenbewertung für drei Testgebiete in der Stadt Berlin sind Abb. 58 und Abb. 59 (beide siehe Anlagen) zu entnehmen, Abb. 60 verdeutlicht die Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen. Die Bewertungsergebnisse zeigen für die Testgebiete Natur- und Landschaftspark Johannisthal und Tiefwerder Wiese eine vergleichsweise hohe Einstufung der Bodenflächen, so dass die Methode HH 3.7 die Bodenflächen dieser Testgebiete in fünf Wertstufen bewertet (sehr gut bis sehr gering), während die Böden im Testgebiet Flughafen Tempelhof in drei Wertstufen bewertet werden (sehr gut bis mittel). Die in fünf Wertstufen gegebene Bewertung für Bodenflächen der Testgebiete Natur- und Landschaftspark Johannisthal und Tiefwerder Wiese lässt darauf schließen, dass es sich bei der Bewertung der Böden des Testgebietes Flughafen Tempelhof in drei Wertstufen nicht um ein methodisches Problem, sondern um eine Eigenart dieses Gebiets handelt. Hinsichtlich der Fähigkeit der Berliner Böden zur Neutralisation von Säuren zeigt die Kartendarstellung der Bewertung, dass die naturnahen Böden, die unter dem Einfluss von Grundwasser entstanden sind (z.B. Gleyböden) und rein anthropogen beeinflussten Böden (z.B. begrabene Gley und Braunerden) eine schlechtere Fähigkeit zur Neutralisation von Säuren (Säurepufferung) als die mäßig anthropogen geprägten bis stark anthropogen überformten Böden (z.B. Pararendzinen und Regosolen etc.) aufweisen.

Differenzierungsfähigkeit der Methoden (Aufteilung der bewerteten Flächen auf die Wertstufen)

Die Darstellung der Häufigkeiten der Bewertungswertstufen zeigt, dass die Böden der Testgebiete hinsichtlich ihrer Wertigkeit im Prinzip eine gute Differenzierung der Wertstufen aufweisen. Also sind bei dieser Methode auf der Bodenflächen der Testgebiete Natur- und Landschaftspark Johannisthal und Tiefwerder Wiese alle Wertstufen der Bewertung besetzt (Abb. 60). Aber aus planerischer Sicht wäre eine stärkere Differenzierung der Bewertungswertstufen für das Testgebiet Flughafen Tempelhof notwendig.

Im Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal erhalten über 70% der Bodenflächen die Wertstufe 4 (47,22 %) und werden somit als geringwertigen Böden bewertet. In diesem Testgebiet werden nahezu gleichverteilt etwa 24 % der Bodenflächen mit der Wertstufe 2 und 3 mit nahezu gleicher Häufigkeitsverteilung bewertet. Die Methode HH 3.7 hat im Testgebiet Flughafen Tempelhof mit 66 % der Fläche ihren Schwerpunkt bei Wertstufe 2 (65,6 %) und 26 % in Wertstufe 3 (26,4 %). Somit dominieren in diesem Testgebiet die hochwertigen Böden. Im Testgebiet Tiefwerder Wiese sind alle Bewertungswertstufen belegt. In diesem Testgebiet dominieren die hochwertigen Böden und

Böden mittlerer Wertigkeit mit der Wertstufe 2 (31,86 %, 34 Flächen-%) und Wertstufe 3 (34,51 %, 39,18 Flächen-%). Die sehr hochwertigsten Böden mit der Wertstufe 1 und Böden geringer Wertigkeit (Wertstufe 4) nehmen jeweils Flächenanteile unter 14 % ein. Die sehr geringwertigen Böden treten auf einigen kleinen Bodenflächen in nur untergeordnetem Maße auf (3,54 %, 1,88 Flächen-%).

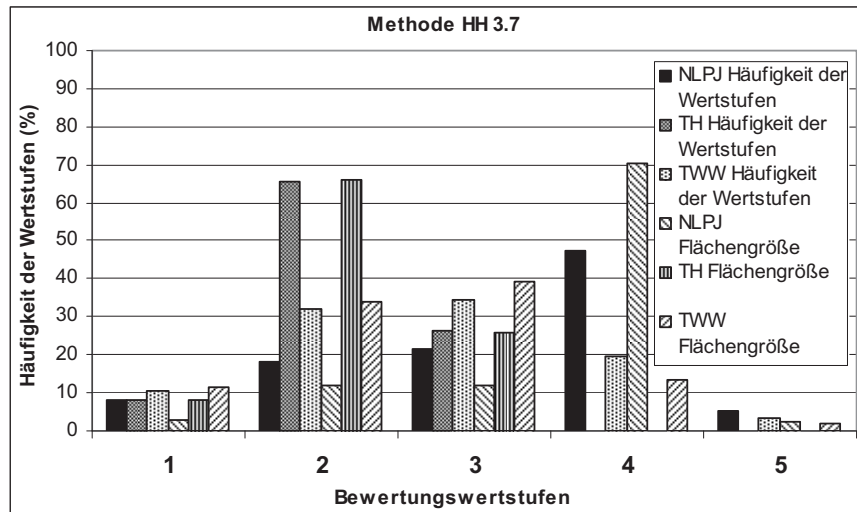


Abb. 60: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methode HH 3.7 der Gruppe „Säureneutralisationsvermögen“ in den drei Testgebieten; „Standorte mit anthropogenen Böden“, (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)

Diskussion

- Eindeutiger Rechtsbezug

Als rechtlicher Prüfauftrag für den Bodenschutz vor Versauerung ist nicht nur die Höhe des - insbesondere vom Menschen verursachten - Säureeintrags von Bedeutung, sondern auch das Puffervermögen des Bodens, Säuren zu neutralisieren und damit unwirksam zu machen. Somit kann die Teilfunktion „Säurepufferung“ zweifelsfrei eine wichtige Funktion im Rahmen der gesetzlich formulierten natürlichen Bodenfunktion *"Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium..."* darstellen.

- Herkunft der Datengrundlagen

Die Bewertung der Bodenteilfunktion „Säurepufferung“ erfolgt vollständig auf der Basis von kartierten Daten. Die Methode HH 3.7 ist somit eine auf der Bodenkartierung nach KA5 basierende Methode.

- Bestimmung relevanter Eingangsparameter

• Erfassung des Eingangsparameters

Die Methode HH 3.7 verwendet für Bewertung der Teilfunktionen „Säurepufferung“ zahlreiche Eingangsparameter, die über die Horizonte für das gesamte Profil berechnet werden. Dies führt zu der Berücksichtigung unterschiedlicher Ableitungsansätze von Parametern und somit ist die Ermittlung von verwendeten Parametern mit einem hohen Aufwand möglich.

- **Richtige Eingangsparameter**

Die auf der Bodenkartierung basierende Methode HH 3.7 berücksichtigt alle bewertungsrelevanten Einflussgrößen, die wichtige Parameter für die Bewertung der Pufferung von Säuren im Boden darstellen.

- **Allgemeine Gültigkeit**

Die Methode HH 3.7 weist eine ausreichende Differenzierung für Berliner Böden auf, so dass diese Methode hinsichtlich der funktionellen Fähigkeit zur Neutralisation von Säuren (Säurepufferung) zwischen den Böden aus lehmigen oder sandigen Schluffen, Böden aus lehmigen oder schluffigen Sanden und den sandigen Böden in Abhängigkeit von dem Grad der anthropogenen Überprägung unterscheidet und sie ist somit im Prinzip für alle Bodenflächen anwendbar.

- **Darstellung im Großmaßstab**

Für die große Maßstabsebene 1:5.000 - 1:10.000 ist die Darstellung der Bewertungsergebnisse problemlos.

- **Anwendbarkeit**

Bei der Methode HH 3.7 handelt es sich um eine Verwendung zahlreicher profilbezogener Eingangsparameter, deren Ermittlung auch mit einem hohen Aufwand möglich ist. Somit ist Anwendbarkeit dieser Methode mit der Verfügbarkeit von benötigten Daten verbunden.

- **Weiterentwicklung**

Bei Methode HH 3.7, die in Hamburg anhand von Versuchsreihen entwickelt wurde, ist eine ausreichende Aufteilung der bewerteten Bodenflächen auf die Wertstufen gegeben, aber die Plausibilität der Bewertungsergebnisse hinsichtlich der Fähigkeit des Bodens zur Säurepufferung ist schwierig zu prüfen. Eine Anpassung dieser Methode für bessere Ergebnisse für Stadtböden wie Berlin kann somit problematisch sein.

9.2.10 Gruppe Speicherpotenzial für Nährstoffe

Die Gruppe „Speicherpotenzial für Nährstoffe“ umfasst allein die Methode BE 3.2 des Berliner Bewertungsverfahrens. Für die Bewertung des Nährstoffspeichervermögens im Boden wird das Kriterium „Fähigkeit des Bodens zur Bindung von Nährstoffe“ verwendet. Der in die Bewertung einfließende Parameter ist die mittlere effektive Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}), so dass die Bewertungswertstufen des Nährstoffspeichervermögens anhand der Einstufung der Mittelwerte der KAK_{eff} ermittelt werden.

Bewertungsergebnisse für Berliner Böden

Abb. 61 und Abb. 62 (beide siehe Anlagen) zeigen die Bewertungsergebnisse für die Methode BE 3.2 für die Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese. Die zugehörigen Häufigkeitsverteilungen sind in Abb. 63 dargestellt.

Auffällig ist es, dass die Bodenflächen des Testgebiets Natur- und Landschaftspark Johannisthal erhebliche Unterschiede zwischen den Bewertungen nach dieser Methode hinsichtlich der Fähigkeit zur Bindung von Nährstoffen aufweisen. Dabei werden die anthropogen überformten Böden des Landschaftsparks, die anthropogene Überlagerungen mit natürlichen und z.T. künstlichen Substraten enthalten und ein breites Spektrum von Bodengesellschaften im Landschaftspark aufweisen, als „sehr schlecht“ (Wertstufe 4) und die relativ weniger anthropogen beeinflussten Böden des Naturparks (Naturschutzgebiet), die begrabene und in diesem Gebiet natürlich vorkommenden Gley-Braunerdegesellschaften aus periglaziär-kryoturbaten über periglaziär-fluviatil geschichteten Reinsanden aufweisen, überwiegend „als gut“ (Wertstufe 2) bewertet. Diese Abweichung in Nährstoffspeichervermögen ist plausibel und durch die Laborergebnisse belegt. Die bedeckten und unbedeckten Böden im Testgebiet Flughafen Tempelhof weisen ganz allgemein eine „schlechte“ Fähigkeit zur Speicherung von Nährstoffen auf (Wertstufe 4), ausgenommen kleiner carbonathaltigen Teilflächen des lehmigen Untergrunds (Pararendzinen über Fahlerden), die aufgrund ihrer durch die höheren Carbonatgehalte günstigeren Bodenreaktion und der durchschnittlich höheren Gehalte an organischer Substanz etwas bessere Bindungsfähigkeit von Nährstoffen als die anderen vorkommenden Böden im Testgebiet aufweisen. Daher erhalten diese Bodenflächen eine mittlere Bewertung (Wertstufe 3). Im Testgebiet Tiefwerder Wiese existiert ein breites Spektrum von naturnahen Böden über anthropogen beeinflusste Böden bis hin zu rein anthropogen geprägten Böden. Daraus ergeben sich unterschiedliche Fähigkeiten zur Nährstoffversorgung sowie Bindung von Nährstoffen. Dabei bewertet die Methode BE 3.2 die Böden in diesem Testgebiet in mehreren Wertstufen (Wertstufe 2-4). Die „gute“ Bewertung (Wertstufe 2) tritt vor allem in den naturnahen Böden auf. Also ist die Bindungsfähigkeit von Nährstoffen in den naturnahen Böden (wie Gleyböden) aufgrund des hohen Anteils organischer Substanzen, von Fe-, Al-, und Mn-Oxiden und der günstigen Bodenreaktion (schwach sauer bis sehr schwach sauer) wesentlich besser als in den anthropogen beeinflussten Böden (wie Pararendzinen und Regosolen).

Differenzierungsfähigkeit der Methoden (Aufteilung der bewerteten Flächen auf die Wertstufen)

Die Böden des Testgebiets Natur- und Landschaftspark Johannisthal weisen hinsichtlich ihrer Wertigkeit zwei Schwerpunkte auf (Abb. 63). In diesem Testgebiet dominieren die hochwertigen mit der Wertstufe 2 (29,36 %, 60,3 Flächen-%). Große Anteile nehmen gleichzeitig auch die weniger wertvollen Böden der Wertstufe 4 ein (65,08 %, 37,41 Flächen-%). Böden mit der mittleren Wertstufe 3 treten im Naturschutzgebiet in nur untergeordnetem Maße auf (5,56 %, 2,29 Flächen-%). Im Testgebiet Flughafen Tempelhof herrschen geringwertige Böden mit der Wertstufe 4 (98,4 %, 96,69 Flächen-%) vor. Böden mittlerer Wertigkeit (Wertstufe 3) sind mit weniger als 3,5 % der Flächen vertreten. Das Testgebiet weist die Dominanz hochwertiger Böden (90,08 % der Fläche) mit einer dominierenden Einstufung in Wertstufe 2 auf (82,3 %). Die Böden mittlerer Wertigkeit und geringwertigen Böden mit der Wertstufe 3 (13,27 %) und Wertstufe 4 (4,43 %) treten mit Flächenanteilen unter 10 % auf.

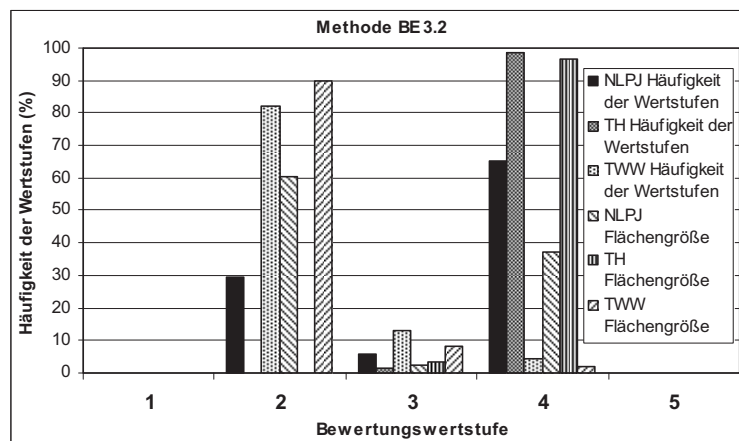


Abb. 63: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methoden BE 3.2 der Gruppe „Speicher-potenzial für Nährstoffe“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)

Diskussion

- Eindeutiger Rechtsbezug

Die Nährstoffe werden, wie auch andere chemische Elemente und deren Verbindungen, die im Boden in unterschiedlicher Weise gebunden sind, festgehalten. Somit bestimmt die Fähigkeit des Bodens zur Bindung dieser Nährstoffe weitgehend die Nährstoffangebote für die Pflanzen. Das Speicherpotenzial für Nährstoffe in Böden stellt daher eine wichtige Teilfunktion dar, die unter die im Gesetz BBodSchG enthaltenen Funktion „*Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers*“ fällt. Dementsprechend ist die Bewertung der Bindung und Verfügbarkeit der Nährstoffe im Boden als Indikator für die Nährstoffangebote und ihre Veränderungen zu sehen. Dies ermöglicht wiederum z. B. aus landwirtschaftlicher Sicht eine Anpassung des Nährstoffangebots an die Bedürfnisse der Pflanzen.

- Herkunft der Datengrundlagen

Die Methode BE 3.2 basiert auf der Bodenkartierung entsprechend der KA5.

- Bestimmung relevanter Eingangsparameter

• Erfassung des Eingangsparameters

Die Werte der effektiven Kationenaustauschkapazität in cmol/kg Boden, welche die aktuelle Speicherfähigkeit für Nährstoffe in pflanzenverfügbarer Form darstellt, werden direkt aus der potentiellen Kationenaustauschkapazität und dem aktuell im Boden vorherrschenden pH-Wert geschätzt. Für die Schätzung der Werte der potentiellen Kationenaustauschkapazität werden die Eingangsgrößen Bodenart, Stein-, Humus- und Tongehalt als Basisparameter verwendet. Für diese Eingangsgrößen werden aus Schätztabellen der KA5 die Kapazitätswerte entnommen. Somit ist die Ermittlung der effektiven Kationenaustauschkapazität horizontweise komplex und erfolgt mit einem hohen Aufwand. Die gemessenen Werte der potentiellen Kationenaustauschkapazität werden auch bei der Bewertung des Speichernährstoffvermögens verwendet (Laborergebnisse).

- **Richtige Eingangsparameter**

Kationenaustauscher dienen als Reservoir für Pflanzennährstoffe, die durch Ionenaustauschvorgänge nach und nach an die Bodenlösung abgegeben und von den Wurzeln aufgenommen werden können. Die Größe dieses Reservoirs, die sogenannte Kationenaustauschkapazität, kann daher als Maß für das potentielle Speichervermögen an Nährstoffkationen (Ca, Mg, K) betrachtet werden. Die Größe der Kationenaustauschkapazität hängt ab von der Art und der Menge der Tonminerale, vom Gehalt an organischer Substanz und ihrer Zusammensetzung sowie untergeordnet vom Schluffgehalt und vom Anteil pedogener Oxide. Somit sind die verwendeten Parameter sowohl die relevanten Basisparameter zur Ermittlung der potentiellen Kationenaustauschkapazität als auch das Eingangsparameter „Kationenaustauschkapazität“, von denen das Nährstoffvermögen im Boden abhängt, berücksichtigt und daher auch fachlich richtig. Umstritten bleibt die Verwendung der Messwerte und Schätzwerte der Kationenaustauschkapazität. Die auf Messwerten mit Schätzwerten nach KA5 beruhenden Bewertungen des Nährstoffbindungsvermögens erlauben wesentlich differenziertere Aussagen. Dies betrifft besonders Böden mit starker anthropogener Überprägung (wie Bodenflächen des Natur- und Landschaftspark Johannisthal).

- **Allgemeine Gültigkeit**

Die allgemeine Gültigkeit der Methode BE 3.2 ist grundsätzlich anwendbar und für die suburbanen Böden geeignet, aber eine gute differenzierte Bewertung für stark anthropogen überprägte Böden bietet diese Methode nicht (unzureichende Differenzierungsfähigkeit). Diese Methode liefert wegen der geringen Aussagekraft der Bewertungen dieser Böden möglicherweise zu grobe Aussagen für die planerischen Anwendungen.

- **Darstellung im Großmaßstab**

Die Darstellung der Bewertungsergebnisse in der Maßstabsebene 1:5.000 - 1:10.000 ist problemlos.

- **Anwendbarkeit**

Die Methode ist praktikabel.

- **Weiterentwicklung**

Eine Anpassung dieser Methode für großmaßstäbige Aussagen ist notwendig.

9.2.11 Gruppe Schutzfunktion des Grundwassers

Zur Bewertung der Teilfunktionen der Gruppe „Schutzfunktion des Grundwassers“ kommen die Methoden BE 3.3 und MN 2.5 zur Anwendung, so dass hier die Fähigkeit der Böden zur Grundwasserneubildung nach der Sickerwasserverweilzeit bewertet wird. In diesem Zusammenhang wird auch die Funktionsfähigkeit der Böden als Filter von gelösten und suspendierten Stoffen beurteilt. Die Böden, die als „sehr gut“ hinsichtlich der Qualität des neu gebildeten Grundwassers bewertet werden, weisen daher „sehr gutes“ Filtervermögen für eingebrachte Stoffe auf. Die Tab. 31 zeigt eine Übersicht über die in die Bewertung einfließenden Parameter und Wertstufenbildung für die Methoden der Gruppe „Schutzfunktion des Grundwassers“.

Tab. 31: Überblick zu Eingangsparametern und Wertstufengrenzen für die Methoden der Gruppe „Schutzfunktion des Grundwassers“

(Quelle: eigene Darstellung)

Methode/Wertstufe	Bewertung und Wertstufe				
	sehr gut 1	gut 2	Mittel 3	schlecht 4	sehr schlecht 5
BE 3.3	Einstufung von Böden/Standorten entsprechend ihrer Durchlässigkeit (kf in cm/d). Die Stufe 6, die kf \geq 300 aufweist, wird mit Stufe 5 gleichgesetzt.				
kf (cm/d)	< 300 - 100	< 100 - 40	< 40 - 10	< 10 - 1	< 1
MN 2.5	Die Einstufung erfolgt durch die Verknüpfung der nFK und kf-Wert (cm/d). kf-Wert = gesättigte hydraulische Wasserleitfähigkeit des am wenigsten durchlässigen Horizonts				
Verknüpfung der nFK und kf-Wert (cm/d)	kf 10 - <50 und nFK \geq 200	kf 20 - < 50 und nFK \geq 200	kf \geq 50 und nFK \geq 200	kf \geq 50 und nFK 140 - 200	kf \geq 50 und nFK 60 - 140
	-	kf 10 - < 20 und nFK 140 - < 200	kf 20 - < 50 und nFK 140 - < 200	kf 20 - < 50 und nFK 60 < 140	kf \geq 50 und nFK < 60
	-	kf 50 - < 10 und nFK \geq 200	kf 10 - < 20 und nFK 60 < 140	kf 10 - < 20 und nFK < 60	kf 20 - < 50 und nFK < 60
	-	-	kf 5 - < 10 und nFK 140 < 200	kf 5 - < 10 und nFK 60 < 140	kf 5 - < 10 und nFK < 60
	-	-	kf < 5 und nFK \geq 200	kf < 5 und nFK 140 < 200	kf < 5 und nFK < 60
	-	-	-	-	kf < 5 und nFK 60 - < 140

Bewertungsergebnisse für Berliner Böden

Obwohl die beiden verwendeten Methoden den Boden anhand seiner Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert) bewerten, unterscheiden sie sich erheblich im Ergebnis der Bewertung und somit in der Bewertungsfähigkeit in den drei Testgebieten. Aus dem Vergleich der Bodenfunktionskarten und ihrer beigefügten Abbildungen (Abb. 64 und 65, beide siehe Anlagen) lassen sich folgende Ergebnisse zeigen:

Hinsichtlich der Qualität des neu gebildeten Grundwassers werden die meisten Böden im Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal, die anthropogene Überlagerungen mit natürlichen und z. T. künstlichen Substraten mit Mächtigkeiten von durchschnittlich 30 - 70 cm erhalten, als gut (Wertstufe 2) nach der Methode BE 3.3 und als sehr schlecht bis schlecht (Wertstufe 5) nach der Methode MN 2.5 bewertet. Fast alle Böden dieses Testgebiets weisen sehr hohe bis hohe kf mit einer sehr geringen bis geringen nFK auf.

Die Fähigkeit der Böden des Testgebiets Flughafen Tempelhof zur Grundwasserneubildung wird entsprechend der Methode BE 3.3 als mittel bis hoch bewertet (Wertstufe 2 und 3). Die carbonatarmen Böden wie Braunerde-Faherde, Regosol über Braunerde-Faherde oder Braunerde und Ranker weisen dabei eine Fähigkeit zur Grundwasserneubildung etwas besser als die carbonathaltigen Böden wie Pararendzinen und Pararendzinen über Fahlerden oder Braunerden auf. Nach der Methode MN 2.5 weisen die Böden dieses Gebiets meist nur eine sehr geringe Funktionsfähigkeit zur Grundwasserneubildung auf (Wertstufe 5). Auf einigen kleinen Teilflächen besitzen die carbonathaltigen Böden (Pararendzinen und Pararendzinen über Fahlerden und Fahlerden) und carbonatarmen Böden (Regosole und Regosole über Fahlerden) eine geringe Bewertung mit einer mittleren Wasserdurchlässigkeit (Wertstufe 4). Insgesamt besitzen die Böden des Testgebiets Flughafen Tempelhof eine hohe bis mittlere kf und eine geringe nFK.

Die Methode BE 3.3 bewertet das Testgebiet Tiefwerder Wiese in zwei Wertstufen (Wertstufe 2 und 3). Eine hohe Funktion zur Grundwasserneubildung besitzen vor allem die Böden mit einer weniger mächtigen anthropogenen Auflage aus Bauschutten und anderen technogenen Substraten und die stark anthropogen geprägten Böden (Wertstufe 2). Eine mittlere Bewertung erhalten vor allem die

naturnahen, grundwasserbeeinflussten Böden (Gleyeböden) aus Sandschluffen und Lehmschluffen (Wertsufe 3). Die Methode MN 2.5 bewertet das Gebiet Tiefwerder Wiese in mehreren Wertstufen (sehr gut bis sehr gering). Eine hohe Fähigkeit zur Grundwasserneubildung tritt nach dieser Methode in den lehmsandigen Böden auf (Wertstufe 1 und 2). Diese Böden sind auf kleinen Teilflächen verbreitet und besitzen eine geringe Wasserdurchlässigkeit (kolluvial geprägter Gley und Regosol aus gemischtem Lehmsand über Gley). Eine mittlere Bewertung erhalten vor allem die anthropogen beeinflussten Böden aus Sanden oder Lehmsanden wie von Regosolen begrabene Böden (Wertstufe 3). Eine geringe Fähigkeit zur Grundwasserneubildung besitzen vor allem die grundwasserbeeinflussten Böden aus Sandschluffen und Lehmschluffen (Wertsufe 4). Diese Böden sind naturnahe (Gleyeböden). Sehr geringe Bewertung besitzen die Gleyeböden und die von Regosolen und Pararendzinen begrabenen Böden. Die Böden dieser Wertstufe treten in fast sämtlichen Bereichen des Testgebiets in geringen Anteilen auf. Die naturnahen Böden weisen im Testgebiet Tiefwerder Wiese eine geringe kf mit einer geringen bis mittleren nFK auf, während die anthropogen mäßig bis stark geprägten Böden eine hohe kf mit einer mittleren bis hohen nFK besitzen.

In Verbindung mit der Bewertung der Fähigkeit der Böden zur Grundwasserneubildung werden die Böden des Testgebiets Natur- und Landschaftspark Johannisthal generell als „gering bis mittel“ hinsichtlich der Filter- und Pufferfunktion nach der Methode BE 3.3 und als „sehr hoch bis hoch“, bewertet. Die Filter- und Pufferfunktion der Böden des Flughafens Tempelhof ist in der Regel „mittel“ nach der Methode BE 3.3 und „hoch“ nach der Methode MN 2.5 ausgeprägt. Die Filter- und Pufferkapazität der anthropogen beeinflussten Böden des Testgebiets Tiefwerder Wiese sind entsprechend der beiden Methoden wesentlich geringer als die natürlichen Böden. Die Filter- und Pufferfunktion der natürlichen Böden in diesem Gebiet ist „mittel“ nach der Methode BE 3.3 und „mittel bis hoch“ nach der Methode MN 2.5 ausgeprägt. Die mäßig bis stark anthropogen beeinflussten Böden erfüllen eine „geringe bis mittlere“ Filter- und Pufferfunktion entsprechend der Methode BE 3.3, während die Filter- und Pufferfunktion dieser Böden „mittel“ nach der Methode MN 2.5 ausgeprägt ist.

Differenzierungsfähigkeit der Methoden (Aufteilung der bewerteten Flächen auf die Wertstufen)

Die Methode BE 3.3 weist eine unzureichende Differenzierungsfähigkeit auf (nur 2 Wertstufe möglich), während die Methode MN 2.5 die Böden in mehreren Wertstufen bewertet (2 - 5 Wertstufe möglich) (Abb. 66). Nach der Methode BE 3.3 dominieren im Testgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal die hochwertigen Böden mit der Wertstufe 2 (80,16 %), so dass die meisten bewerteten Böden in Wertstufe 2 (77,93 Flächen-%) fallen. Daneben nehmen auch die Böden mittlerer Wertigkeit (Wertstufe 3) einen Flächenanteil von 22,07 % mit einer Häufigkeit von 19,84 % ein. Nach der Methode MN 2.5 dominieren in diesem Testgebiet die sehr geringwertigen Böden, so dass diese Methode 83,49 % der Bodenflächen in die Wertstufe 5 (85,72 %) ordnen. Die Böden geringer Wertigkeit (Wertstufe 4, 12,3 %) nehmen auch einen Flächenanteil von 15,38 % ein. Im Testgebiet Flughafen Tempelhof treten überwiegend die Böden mittlerer Wertigkeit nach der Methode BE 3.3 auf. Dabei werden 84,41 % der Bodenfläche des Testgebiets in die Wertstufe 3 (72,8 %) geordnet. Die übrigen Flächen (15,59 %) werden als Böden mittlerer Wertigkeit in die Wertstufe 2 (27,2 %) geordnet. Die Böden dieses Testgebiet werden fast vollständig von der Methode MN 2.5 in die Wertstufe 5 (94,4 %, 99,46 Flächen-%) geordnet. Im Testgebiet Tiefwerder Wiese dominieren nach

der Methode BE 3.3 die Böden hochwertigen Böden, so dass 79,45 % der Bodenflächen auf die Wertzahl 2 (79,65 %) entfallen. Die übrigen Flächen (20,55 %) fallen als Böden mittlerer Wertigkeit in Wertstufe 3 (20,35 %). Bei der Methode MN 2.5 werden die meisten Böden dieses Testgebiets in Wertstufe 4 (48,67 %) geordnet, so dass die Böden geringer Wertigkeit mehr als 59 % der Fläche dieses Testgebiets einnehmen. Daneben nehmen auch die sehr geringwertigen Böden mit der Wertstufe 5 (28,32 %) einen großen Anteil ein (26,72 Flächen-%).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Unterschied, der sich zwischen den nach den Methoden BE 3.3 und MN 2.5 bewerteten Bodenflächen der Testgebiete hinsichtlich der Leistungsfähigkeit zur Grundwasserneubildung und sogar in Verbindung mit der Filter- und Pufferfunktionsfähigkeit ergibt, relativ nicht plausibel ist.

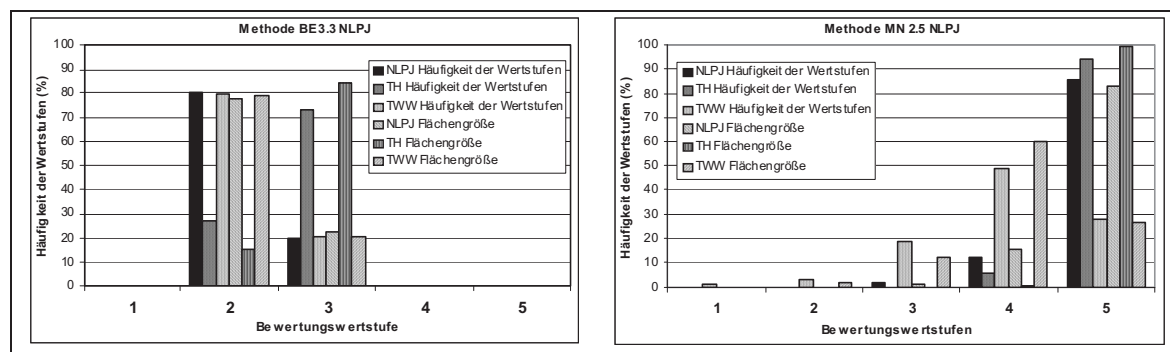


Abb. 66: Häufigkeitsverteilung der Bewertungswertstufen der Methoden BE 3.3 und MN 2.5 der Gruppe „Schutzfunktion des Grundwassers“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal; TH = Flughafen Tempelhof; TWW = Tiefwerder Wiese)

Diskussion

- Eindeutiger Rechtsbezug

Neben der wesentlichen Aufgabe des Bodens „die Retention von Niederschlagswasser“, die gesondert anhand des Infiltrations- und Versickerungsvermögens des Bodens bewertet wird, kommt dem Boden laut BBodSchG § 2, Abs. 2, 1c auch eine Funktion als „Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, **insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers**“ zu. Somit hat der Gesetzgeber durch die Formulierung dieser Funktion im BBodSchG klar das Schutzziel des Grundwassers betont. Der Aspekt der Qualität der Grundwasserspende ist dabei relevant für die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung. Dementsprechend lässt sich die Funktion „Schutz des Grundwassers“ vor allem anhand des bewertungsrelevanten Kriteriums „qualitativer Aspekte der Grundwasserneubildung“ im Zusammenhang mit der Filter-, Pufferfunktion bewerten.

- Herkunft der Datengrundlagen

Die Bewertung der Fähigkeit des Bodens zur Grundwasserneubildung nach den beiden Methoden erfolgt auf der Grundlage von Daten der Bodenkartierung nach KA5.

- Bestimmung relevanter Eingangsparameter

• Erfassung des Eingangsparameters

Die Bestimmung der Eingangsparameter n_{FK} und k_f aus Profildaten ist problemlos. Die Verwendung der Methode MN 2.5 benötigt den minimalen k_f -Wert (= gesättigte hydraulische Wasserleitfähigkeit des am wenigsten durchlässigen Horizonts) der Horizonte des zu betrachtenden Bodenprofils. Dies wird aber über aufwendige Bestimmungen aus Profildaten ermittelt.

• Richtige Eingangsparameter

Die Differenzierung der Wertstufen zwischen den Methoden erfolgt anhand der abweichenden verwendeten Parameter (z.B. n_{FK}) und der Wertstufenbildung. Zur Bewertung der Funktion dieser Gruppe sind solche Eingangsparameter aus fachgerechter Sicht erforderlich. Aber die Ableitung der k_f -Werte in Abhängigkeit von Bodenart, Trockenrohdichte und effektiver Lagerungsdichte ist problematisch und mit hohen Unsicherheiten behaftet, weil schlechte Übereinstimmungen zwischen den Mess- und zurzeit gebräuchlichen Schätzwerten nach KA5 und damit auch den Bewertungen hinsichtlich der Qualität des neu gebildeten Grundwasser in Verbindung mit der Bewertung der Filter- und Pufferfunktion bestehen. Da die anderen Eingangsparameter wie organische Substanz, Körnung und Porenstruktur des Bodens bei Ableitung der gesättigten Wasserleitfähigkeit nicht berücksichtigt werden, treten größere Abweichungen zwischen den verglichen Mess- und Schätzwerten besonders bei den bindigen Bodenarten auf (die Ergebnisse der Bewertungen im Testgebiet Tiefwerder Wiese zeigen das deutlich). Die anthropogen beeinflussten Böden weisen eine bessere Übereinstimmung zwischen Mess- und Schätzwerten der KA5 auf. Dies tritt besonders in den stark anthropogen geprägten Böden auf (z.B. tritt dies deutlich in den sandigen Böden in den Testgebieten auf, die eine gute Wasserleitfähigkeit ermöglichen). Somit empfiehlt es sich bei Erfassung der k_f -Werte die Laborbestimmungen mindestens bei Bewertung von naturnahen, grundwasserbeeinflussten und Moorböden anzuwenden.

- Allgemeine Gültigkeit

Die allgemeine Gültigkeit der Methoden ist unbedingt gegeben. Es können die Bewertungswertstufen für naturnahe Böden bis stark anthropogen überprägte Böden gebildet und somit diese Böden bewertet werden, daher sind beide Methoden für die suburbanen Böden geeignet. Die Methode MN 2.5 ist aber für eine differenzierte Bewertung besser geeignet und auf allen Planungsebenen anwendbar.

- Darstellung im Großmaßstab

Die Möglichkeit der Darstellung der Bewertungsergebnisse in der großen Maßstabsebene 1:5.000 - 1:10.000 ist problemlos.

- Anwendbarkeit

Beide Methoden sind praktikabel.

- Weiterentwicklung

In Anlehnung an gewonnene Ergebnisse weisen beide Methoden die Möglichkeit auf, die Wertstufenbildung (Bewertungsklassen) zu modifizieren und andere bewertungsrelevante Parameter

anzuwenden. Es führt somit dazu, die Genauigkeit der zu erwartenden Aussagen der Bewertungen zu verbessern.

10 Entwurf eines großmaßstäbigen Bodenfunktionsbewertungssystems mittels Teilfunktionen für Metropolenböden

Im Kap. 10 wird das neu vorgelegte Bewertungsverfahren der Bodenteilfunktionen für Berlin dargestellt und fachlich nach den Anforderungen an ein Bewertungssystem der Bodenfunktionen diskutiert.

10.1 Diskussion des Bodenbewertungsverfahrens

Im Folgenden wird in Anlehnung an die im Kap. 9 begründeten Ergebnisse und ihre Fachdiskussion das Berliner Verfahren zur Bewertung der natürlichen Funktionen und Archivfunktionen für Stadtböden im Rahmen des Bodenschutzes und der Raumplanung vorgestellt. Das „vorgeschlagene Verfahren“ ist für die Maßstabsebene 1:10.000 und größer (die untere Planungsebene) konzipiert. Dieses erfährt erlaubt in der Planungspraxis eine verbindliche Gesamtbewertung der **Leistungsfähigkeit** des Bodens in Bezug auf eine der Teilfunktionen (5 Wertstufen: *sehr gering* (5), *gering* (4), *mittel* (3), *hoch* (2), *sehr hoch* (1)). **In diesem Zusammenhang ergibt sich die Wertstufe einer zu bewertenden Teilfläche (Bewertungsgebiet) aus den Ergebniswertstufen der einzelnen Bohr- oder Profilpunkte.** Die einzelnen Methoden dieses Verfahrens werden jeweils nach den in Kapitel 6 genannten Bodenbewertungsverfahren und den Anforderungen an Bodenbewertungsverfahren aus planerischer Sicht diskutiert.

Im Folgenden werden die wichtigsten Anforderungen an Bodenbewertungsverfahren²⁸ für Berlin aus planerischer Sicht dargelegt:

- **Rechtsbezug:** Zu den schützenswerten Funktionen des Bodens nach dem BBodSchG sollen direkt und indirekt alle Bodenteilfunktionen des neuen Berliner Verfahren gehören. Hierzu ist es erforderlich, die Belange des Bodenschutzes vor Beeinträchtigungen bzw. Zerstörungen stärker in Planungsverfahren einfließen zu lassen. Um in diesem Verfahren bestehen zu können, ist für die aus Sicht des Bodenschutzes aufgeworfenen Forderungen ein klarer „Rechtsbezug“ erforderlich. Dieser ist mit dem im § 1 des BBodSchG verankerten Schutz der natürlichen Funktionen des Bodens gegeben.

- **Fachlichkeit des Parameters:** Bei der fachlichen Auswahl von Bewertungsparametern ist die Reliabilität (Zuverlässigkeit) und die Validität (Gültigkeit) der Parameter unbedingt zu gewährleisten. Es müssen somit die in die Bewertung einfließenden Parameter zur Bewertung der Teilfunktion anhand des prüfenden Kriteriums benannt werden, für deren Ableitung Standardwerke bestehen oder weiterentwickelt werden können.

- **Allgemeine Gültigkeit:** Die Anwendbarkeit dieses Bewertungsverfahrens muss auf alle potenziellen Bodenzustände grundsätzlich möglich sein. Für die drei Testgebiete, die unterschiedliche Flächennutzungen aufweisen, sind die Methoden dieses Verfahrens anwendbar. Problematisch bleibt

²⁸ Diese Anforderungen sind von der Zielsetzung und der angestrebten Maßstabsebene abhängig.

die flächendeckend geforderte Verfügbarkeit von Basisbodeninformationen zur Bewertung von Bodenteilflächen in Berlin. Außerdem treten Schwierigkeiten bei der Bewertung von homogenen Teilflächen auf, wenn der Verlauf der zu bewertenden Flächennutzungsverteilung nicht vollständig bekannt ist. Daher wird in diesem Zusammenhang die Validität jeder einzelnen Methode dieses Verfahrens besprochen.

- **Vollständigkeit:** Um die Teilfunktionen des Bodens besser beurteilen zu können und die Reliabilität von Ergebnissen zu gewährleisten, sollen diese Teilfunktionen mit den benannten Kriterien und den Bewertungsmethoden dieses Verfahren umfassend prüfbar sein.

- **Fachliche Richtigkeit (Verknüpfungsregeln):** Als gemeinsame Anforderung weisen alle Methoden des vorgeschlagenen Verfahrens eine „fachlich abgestufte Differenzierung“ auf. Die Fähigkeit dieser Differenzierung ist durch eine konsequent fünfstufige Klasseneinteilung erfüllt. Aber das Bewertungsverfahren muss anhand von Regeln zur Verknüpfung der erforderlichen Parameter vor dem Hintergrund des Fachwissens zu einer plausiblen und richtig abgestuften Differenzierung der Bodenflächen führen.

- **Reproduzierbarkeit, Transparenz:** Das Bewertungsergebnis der einzelnen Bodenteilfunktionen muss sich anhand von Verknüpfungsregeln zweifelsfrei aus den erhobenen Flächen- und Bodenmerkmalen ergeben. Dies erfordert vor allem veröffentlichte und eindeutig beschriebene Verknüpfungsregeln bzw. Methoden zur Ableitung von Hilfsparametern. Somit muss das Bewertungsverfahren und -ergebnis unkompliziert und handhabbar, insbesondere für die Planungsträger wie Kommunen oder abwägenden Behörden, sein. Außerdem können die Bewertungsmethoden des Verfahrens auf Ableitung von Parametern auf standardisierte Verfahren verweisen (z.B. die Ableitungen, die aus der KA5 entnommen sind).

- **Prognosefähigkeit:** Eine der Voraussetzungen der Akzeptanz des Bewertungsverfahrens sind die geforderten Prognosen für zukünftige Zustände in Beziehung zu Gefährdungen des Bodens. Daher ist es wichtig, dass das Bodenbewertungsverfahren in verschiedenen Planungsprozessen eine Prognose von Eingriffsfolgen an die Bodenfunktionen ermöglichen soll.

- **Aktualität und Flexibilität:** Das Bewertungsverfahren sollten die Anpassungsfähigkeit an eine sich verändernde Aktualität des Wissensstands aufweisen und für verschiedene Anwendungen im Rahmen der Planungen nutzbar sein. D.h. die Bewertungsmethodik sollte hinsichtlich der zu prüfenden Bewertungskriterien „Flexibilität“ aufweisen und „hinreichend“ genau sein. Es sollte möglich sein, die Bewertungskriterien in Abhängigkeit von den Daten- und Informationsgrundlagen, des Planungsmaßstabes und der Besonderheiten des Planungsraumes oder seiner natürlichen Ausstattung abzuändern und anzupassen.

- **Anwendbarkeit (Praktikabilität):** Die Ermittlung der Bodenmerkmale (Kennwerte) und die Aufbereitung der Daten- und Informationsgrundlagen sowie die praktische Durchführung der Methoden des Bewertungsverfahrens für alle betrachteten Bodenflächen sollen in einem

überschaubaren Zeitraum und vertretbaren Personalaufwand möglich sein. Außerdem kann das Verfahren die Fähigkeit zur Benutzung der bereits vorhandenen Daten- und Informationsgrundlagen aufweisen. Dies ermöglicht, kostenintensiven Untersuchungen wie Bodenkartierungen und ihre ergänzenden Laborarbeiten soweit wie möglich zu vermeiden.

Die Bewertungsergebnisse und bisherige Erfahrungen mit der Anwendung der Bewertungsmethoden dieses Verfahrens zeigen, dass das vorgeschlagene Verfahren für Berlin für alle potenziellen Bodenzustände (Flächennutzungen) im Prinzip praktikabel ist und eine überschaubare Zahl von Bewertungsklassen (Wertstufe) bei einem Mindestmaß an Differenzierung gegeben wird. Allerdings bestehen einige *methodische Schwierigkeiten* bei der praktischen Durchführung dieses Verfahren, insbesondere für den komplexen Entscheidungsgegenstand im Rahmen der Planungen. Diese Schwierigkeiten werden bei Beschreibung der einzelnen Bewertungsmethoden gezeigt.

Es ist anzumerken, dass das Prinzip der Methoden LRF1, LRF2 (teilweise Teil 2), teilweise BNH 2, AAA1, AAA2, AAA3, AAA4, AF und Methode der Gesamtbewertung (Schritt 1) auf „das Hamburger Verfahren“ (HOCHFELD et al., 2003), der Methoden LRF2 (Teil 2), BNH2, AAA1, AAA2, AF und Methode der Gesamtbewertung (Schritt 2) auf „das Berliner Verfahren“ (GERSTENBERG & SMETTAN, 2005) und der Methoden LRF2 (Teil 1 und teilweise Teil 2), BHN 1, AAA 1, AAA5 und AF auf „das bayrische Verfahren“ (GEITNER et al., 2005) zurückgeht. In Anlehnung an diese drei Verfahren wurden die Methoden des neuen Bewertungsverfahrens für Berliner Böden entwickelt und in diesem Kapitel neu formuliert, ohne Zitate aus diesen drei Verfahren zu erwähnen. Alle Abbildungen in diesem Kapitel stammen, soweit nicht anders beschriftet, aus der eigenen Darstellung in Anlehnung an diese drei Bewertungsverfahren.

10.2 Methoden zur Bewertung der Bodenteilfunktionen

10.2.1 Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen (LRF) (BBodSchG § 2, Abs. 2, 1a)

Die Bewertung der Lebensraumfunktion des Bodens aus der planerischen Sicht, insbesondere die Raumplanung, ist problematisch, so dass die gesetzliche Formulierung dieser Funktion einen großen Spielraum für die Beurteilung zulässt. Außerdem sind die zu prüfenden Kriterien der Funktionsfähigkeit begrenzt und die Möglichkeit der direkten und damit umfassenden Bewertung der Lebensraumfunktion oder einer Teilfunktion ist nicht verfügbar. Für eine genauere Bewertung der Lebensraumsfunktion nach BBodSchG § 2, Abs. 2, 1a wird methodisch wie bisher eine Unterteilung in die Teilfunktionen „Lebensraum für Menschen“ und „Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen“ vorausgesetzt. Im allgemeinen Rahmen der Teilfunktion Boden als Lebensraum für Menschen ist es im Bewusstsein der Menschen verankert, dass ihre Gesundheit ernsthaft durch kontaminierten Boden (z.B. durch toxische Schadstoffe) beeinträchtigt werden kann. Dabei wird die Teilfunktion „Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen“ durch stoffliche Belastungen im Wirkungspfad Boden-Mensch bewertet. Die Teilfunktion Boden als Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen wird als einheitliche Teilfunktion ohne weitere Untergliederung

bewertet. Somit entsprechen beide Teilfunktionen des neuen Berliner Bewertungsverfahrens der gesetzlichen Formulierung im BBodSchG.

10.2.1.1 Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen (LRF1)

Kriterium

Unbelasteter Boden (Schadstofffreiheit des Oberbodens)

Eingangsparameter

Schadstoffgehalte nach BBodSchV, Bodenart, Humusgehalt, (Hinweise auf Bodenbelastungen zur Verdachtseinschätzung)

Beschreibung der Methode

Die Bewertung der Bodenflächen, die einen Hinweis auf eine schädliche Bodenveränderung durch eine erhöhte Belastung von Schadstoffen aufweist²⁹, erfolgt auf der Basis der ermittelten Daten der anorganischen Schadstoffe, die eine Gefahr für den menschlichen Organismus darstellen. Diese Gefahr ist umso höher, je höher die Schadstoffgehalte im Boden sind. Es ist hier notwendig, dass ein spezieller Schwerpunkt den Schutz von Kindern bei begründetem Verdacht auf eine Schadstoffbelastung auf Kinderspielflächen gelegt werden muss, da Kinder durch Kontaminationen des Bodens besonders gefährdet sind. Zudem nehmen sie häufig Boden oral auf. Bei Erwachsenen ist eher eine Belastung durch das Einatmen von Staub kontaminierter Böden relevant. Ältere und kranke Personen weisen eine verstärkte Disposition oder Anfälligkeit gegenüber Bodenbelastungen auf (LEHMANN et al. 2006). Für den menschlichen Organismus sind potentiell toxische anorganische Schadstoffe die Elemente Antimon, Arsen, Cadmium, Blei, Kupfer, Nickel, Thallium und Zink. Einige dieser Elemente wirken bereits in geringen Dosen toxisch. Dazu gehören Antimon, Arsen, Blei und Cadmium. Andere Elemente hingegen wirken lediglich in sehr hohen Dosen toxisch. Dies sind Kupfer, Nickel und Zink. Die sogenannte Lebensraumfunktion für den Menschen wird aus der „Belastung des Bodens mit anorganischen Schadstoffen“ bewertet. Dabei haben hohe Belastungsstufen eine geringe Funktionsfähigkeit zur Folge und umgekehrt.

Diese Methode des Berliner Verfahrens berücksichtigt die Belastung des Oberbodens durch pedogene und geogene anorganische Schadstoffe³⁰.

Die Ermittlung der erforderlichen Daten der Schadstoffe erfolgt auf der Grundlage von Flächenmischproben und Einzelproben, deren Aufnahme sich an den Vorgaben der BBodSchV orientiert, so dass hier die Feinkörnigkeit, der Gehalt an organischer Substanz und das Lösungsverhalten der verschiedenen Schadstoffgruppen berücksichtigt werden. Die Voraussetzungen der Erhebung dieser Proben nach BBodSchV werden in Tab. 32 zusammengefasst.

²⁹ Die Einschätzung der erhöhten Schadstoffbelastung erfolgt hier gutachterlich.

³⁰ Pedogene Schwermetalle, die hier aus dem verwitterten, bodenbildenden Gestein im Untergrund (natürliche Ausgangsmaterialien) stammen. Geogene anorganische Schadstoffe stammen hier aus ihren Quellen als Emissionen aus der Atmosphäre.

Die Einstufung der Messwerte erfolgt unter Verwendung der festgeschriebenen Vorsorge- und Prüfwerte der BBodSchV (1999) nach Tabelle 33 und deren Einstufung nach Tabelle 34. Diese Vorsorge- und Prüfwerte wurden für den Wirkungspfad Boden-Mensch für 12 anorganische Schadstoffe für Bewertung der Teilfunktion Boden als Lebensraumfunktion für den Menschen im Berliner Verfahren festgelegt. Maßnahmewerte der BBodSchV sind Schwellenwerte für die zu bewertenden Flächen des Grünlandes hinsichtlich der Prüfung der schädlichen Bodenveränderung.

Tab. 32: Aufnahme der Proben in Anlehnung an die Vorgaben der BBodSchG zur Bewertung der Teilfunktion „Lebensgrundlage für den Menschen“

Nutzungsart der Fläche	Probenaufnahme nach Vorgaben der BBodSchV
Kinderspielflächen	<ul style="list-style-type: none"> Eine Mischprobe (0 - 10 cm) soll aus mind. 15 Einzelproben je 100 m² gewonnen werden.
Anbau von Nahrungspflanzen	<ul style="list-style-type: none"> Eine Mischprobe (0 - 30 cm) soll aus mind. 15 Einzeleinstichen pro Teilfläche gewonnen werden.
übrige Nutzungen	<ul style="list-style-type: none"> Für Flächen unter 500 m² soll eine Mischprobe (0 - 30 cm) aus 15 - 25 Einzeleinstichen entnommen werden. Für Flächen bis 10.000 m² soll in der Regel für jeweils 1000 m², mindestens aber von 3 Teilflächen, eine Mischprobe (0 - 30 cm) entnommen werden. Die Mischprobe ist aus 15 - 25 Einzeleinstichen zu gewinnen. Für Flächen über 10.000 m² sollen mindestens 10 Teilflächen beprobt werden. Die Mischprobe ist (0 bis 30 cm) ist aus mind. 15 Einzeleinstichen pro Teilfläche zu gewinnen.

Tab. 33: Einstufung der Messwerte für anorganische Schadstoffgehalte in mg/kg Trockensubstanz Boden nach Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerten der BBodSchV (1999)

Parameter	Vorsorgewerte			Prüfwerte				Maßnahmenwerte
	Bodenart/ Humusklasse ⁵⁾ nach KA5			Kinderspiel- flächen	Wohn- gebiete	Park- und Freizeit- anlagen	Industrie- und Gewerbegrund- stücke, (Stand- orte neben BAB 100)	Grünland
	T, o. > h4	L/U	S, o. ≤ h4					
Arsen				25	50	125	140	50
Blei	100 ²⁾	70 ⁴⁾	40	200	400	1.000	2000	1200
Cadmium	1,5 ¹⁾	1 ³⁾	0,4	10	20	50	60	20
Chrom	100	60	30	200	400	1.000	1000	-
Cyanide	-	-	-	50	50	50	100	-
Kupfer	-	-	-	-	-	-	-	1300
Nickel	70 ¹⁾	50 ³⁾	15	70	140	350	900	1900
Quecksilber	1	0,5	0,1	10	20	50	80	2
Zink	200 ¹⁾	150 ³⁾	60	-	-	-	-	-
Aldrin	-	-	-	2	4	10	-	-
Benzo(a)pyren	1	-	0,3	2	4	10	12	-
PCB	0,1	-	0,05	2	4	10	-	0,2
¹⁾ Bei pH < 6 gelten die Vorsorgewerte für Lehm; ²⁾ Bei pH < 5 gelten die Vorsorgewerte für Lehm ³⁾ Bei pH < 6 gelten die Vorsorgewerte für Sand; ⁴⁾ Bei pH < 5 gelten die Vorsorgewerte für Sand ⁵⁾ Humusklasse nur für organische Schadstoffe, -: keine Angabe								

Tab. 34: Wertstufenzuordnung für die Teilfunktion „Lebensgrundlage für den Menschen“

Wertstufe (Belastungsstufe)	Kriterien für Wertstufenzuordnung der Wertstufen
1	kein Schadstoff liegt über den Vorsorgewerten
2	Mindestens ein Schadstoff liegt über den Vorsorgewerten und kein Messwert liegt über den Prüfwerten für Kinderspielflächen
3	Mindestens ein Schadstoff liegt über den Prüfwerten für Kinderspielflächen und kein Messwert über den Prüfwerten für Wohngebiete
4	Mindestens ein Schadstoff liegt über den Prüfwerten für Wohnflächen oder den Prüfwerten für Flächen der vorgegangenen Tätigkeiten (Industrie und Gewerbe) und Standorte neben BAB 100 und kein Messwert über den Prüfwerten für Park- und Freizeitanlagen
5	Mindestens ein Schadstoff überschreitet die Prüfwerte für Park- und Freizeitanlagen oder für Flächen der vorgegangenen Tätigkeiten (Industrie und Gewerbe) und Standorte neben BAB 100

Diskussion der Methode

Rechtsbezug

Die möglichen Beeinträchtigungen des Bodens führen bei einer bestimmten Nutzung zu gesundheitlichen Schäden und somit zur Verringerung der Qualität des Lebensraums für den Menschen. Der funktionelle Bodenschutz vor diesen Beeinträchtigungen erfolgt dabei zum Erhalt der Funktionsfähigkeit, die der Boden für den Menschen und seine Gesundheit erfüllt, anhand intensiver, nachhaltig wirksamer Schutzmaßnahmen. Da menschliche Aktivitäten, die unterschiedlichen Nutzungsansprüche (Nutzungsfunktionen) darstellen, mit dem Boden verknüpft sind, treten somit viele Aspekte von potenziellen Belastungen des Bodens auf. Dabei ist hier eine gutachterliche Gefährdungsabschätzung von Schadstoffen z.B. bei bekannten Belastungen mit listenfremden Schadstoffen unzureichend. Im Sinne des BBodSchG ist es hier notwendig, die Einschränkung der Eignung des Bodens als Lebensgrundlage für Menschen durch stoffliche Belastungen (Funktionsbeeinträchtigung), insbesondere durch die Schwermetalle, im Wirkungszusammenhang Boden-Mensch zu beurteilen.

Fachlichkeit des Parameters

Die in die Bewertung einfließenden Parameter sind die Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerten von Schadstoffen der BBodSchV. Das bedeutet, dass die Bewertung dieser Teilfunktion auf diese Parameter beschränkt ist. Um diese Funktion flächendeckend bewerten zu können, sind die Daten über die Messwerte der in der BBodSchV genannten Schadstoffe nötig. Da die Erfassung dieser Parameter aufwändig und kostenintensiv ist und die verschiedenen urbanen Standorte keine stofflichen Belastungen oder räumliche Schwankungsbreiten von Schadstoffen wie Schwermetall-Gesamtgehalte aufweisen, wird hier die Erfassung dieser Parameter flächendeckend nicht gerechtfertigt. Es ist hier sinnvoll, eine vorgeschaltete Prüfung der Schadstoffanreicherung in Verdachtsflächen zunächst anzuwenden, die wiederum eine Besorgnis auf eine schädliche Bodenveränderung durch eine erhöhte Schadstoffbelastung begründen lässt. Hier ist es auch nötig, eine Bewertung der Bodenbelastungen gutachterlich durchzuführen. Dies aber benötigt umfangreiche Angaben über Schadstoffkontamination in urbanen Böden, z.B. über Altlastenverdachtsflächen.

Vollständigkeit

Das Kriterium beurteilt das Gefährdungspotential schadstoffbelasteter urbaner Böden. Die Bewertung dieser Teilfunktion beinhaltet somit den Schutz des Menschen vor möglichen Gefährdungen durch Schadstoffe im Boden, insbesondere Schwermetalle. Die Beurteilung vorhandener Bodenbelastungen im Boden ist anhand der Prüf- bzw. Maßnahmewerte im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes festgelegt. Dabei wird nicht mehr allein die Beurteilung von Bodenbelastungen im Wirkungszusammenhang Boden-Mensch durchgeführt. Diese Bewertung ist auch notwendig im Pfad Boden/Pflanze, so dass zusätzlich beim Wirkungszusammenhang Boden/Pflanze bei der Ableitung von Prüf- und Maßnahmewerten auch mobile bzw. pflanzenverfügbare Schwermetallanteile, mobilitätsbestimmende Bodenparameter (z.B. pH-Wert, Corg., Ton), pflanzenspezifische Transfereigenschaften und Bodennutzung berücksichtigt werden sollen. Dies ist auch für die schwermetallbelasteten urbanen Böden sehr zu begrüßen und wichtig. Eine Einbeziehung weiterer Wirkungspfade würde die Methodik der Bewertung unübersichtlich werden lassen.

Fachliche Richtigkeit (Verknüpfungsregeln)

Die auf gutachterliche Einschätzung eines Verdachts auf Schadstoffe basierende Begründung einer Besorgnis auf eine schädliche Bodenveränderung und ihre Prüfung erfolgt ohne bestimmte Verknüpfungsregeln. An dieser Stelle sind keine methodischen Vorschläge zu liefern. Aber die Ermittlung der Gehalte von Schadstoffen erfolgt nach den anerkannten Methoden. Zur Einstufung der Belastung durch Schadstoffe lässt sich hier auf die Vorsorge-, Prüf-, und Maßnahmenwerte der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) zurückgreifen. Die Prüfwerte sind hier Schwellenwerte und sie werden nur für den Wirkungspfad Boden-Mensch festgelegt. Aus planerischer Sicht ist das Ziel der Bewertung, die auf der BBodSchV basierende, planerische Flächendifferenzierung zu realisieren. An dieser Stelle ist die „Klasseneinteilung“ für die Bewertung des möglichen Gefährdungspotentials in urbanen Böden notwendig.

Reproduzierbarkeit/Transparenz

Die Reproduzierbarkeit der Erfassung der Gehalte von Schadstoffen anhand der Verknüpfungsregeln aus den erhobenen Teilflächen in Anlehnung an die BBodSchV ist gegeben. Solange für die Prüfung einer Besorgnis, die auf der gutachterlichen Einschätzung des Verdachts auf Schadstoffe basiert, lassen sich keine bestimmten Verknüpfungsregeln festlegen: hier ist die Reproduzierbarkeit der gutachterlichen Einschätzung des Belastungsverdachts nicht vollständig gegeben.

Prognosefähigkeit

Da das von den Schadstoffbelastungen ausgehende Gefährdungspotential ganz entscheidend von der Mobilität und Verfügbarkeit der Schadstoffe im Boden, die durch diese Methode berücksichtigt werden, abhängig ist, ist somit die Prognosefähigkeit im Prinzip gegeben. Dies lehnt sich stark an die verfügbaren Daten im Rahmen der Bewertung. Z.B. können deutliche Prognosen für Belastungen des Bodens mit Schadstoffen bei der Beurteilung vorhandener Bodenbelastungen von unterschiedlichen, bereits bekannten Substraten der urbanen Böden (z.B. Trümmerschutt, Bauschutt usw.) auftreten. Andere Prognosen treten beispielsweise auch bei dem Vergleich von geogenen Schwermetallgehalten der Sedimente mit denen der urbanen Böden auf.

Aktualität und Flexibilität

Die Methode kann sich gut am derzeitigen Wissensstand hinsichtlich der gutachterlichen Einschätzung des Verdachts auf Schadstoffbelastung orientieren. Das führt zu der besseren Begründung einer Besorgnis auf eine schädliche Bodenveränderung für zu bewertende Flächen. Die Bewertungsmethodik weist hinsichtlich der Bewertungskriterien und Parameter eine unvollständige Flexibilität auf, so dass die Verwendung dieser Methodik ausschließlich anhand der Vorsorge-, Prüf-, und Maßnahmenwerte der BBodSchV erfolgt.

Anwendbarkeit (Praktikabilität)

Obwohl die Verdachtseinschätzung auf eine Belastung, die eine Prüfung aller Flächen auf Verdachtsmomente benötigt, aufwendig ist, ist diese Methode praktisch anwendbar. Um die Funktionsfähigkeit des Bodens als Lebensraum für Menschen angemessen in Planungs- und Zulassungsverfahren zur Geltung zu bringen, soll die Abschätzung der Belastungen und Gefährdungspotentiale urbaner Böden nicht eingeschränkt werden. Das bedeutet, die Besorgnis auf eine schädliche Bodenveränderung durch Schadstoffbelastungen in urbanen Böden entsprechend den gesetzlichen Vorgaben analytisch durchzuführen.

Allgemeine Gültigkeit

Alle Bodenzustände (Flächennutzungen) können anhand des Kriteriums „unbelasteter Böden (Schadstofffreiheit des Oberbodens)“ bewertet werden.

10.2.1.2 Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen (LRF2)

Die Teilfunktion „Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen“ wurde für Berlin als relevant, insbesondere für den Schutz des Bodens und die Verbesserung der Biodiversität, angesehen. Die Bewertung dieser Funktion berücksichtigt hier nicht nur auf der Oberfläche lebende Organismen, sondern auch im Boden lebende Organismen in Abhängigkeit von relevanten Bodenparametern. Aber die Leistungsfähigkeit von Mikroorganismen in Böden wird bei der Bewertung dieser Teilfunktion nicht bewertet.

Diese Teilfunktionen werden in „zwei Teilen“ bewertet und daher für jeden Teil eine Teilmethode entwickelt. Der erste Teil zielt auf die Böden mit einem „hohen“ oder „sehr hohen“ Potenzial zur Entwicklung von Trocken- oder Feuchtstandorten ab, und der zweite Teil würdigt auch die Naturnähe, um die natürlichen Extremstandorte aus der Sicht des Bodenschutzes (Arten- und Biotopschutz) höher zu bewerten:

Teil 1: Bewertung der Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen (LRF2) (ohne Berücksichtigung der Naturnähe)

In diesem Teil wird die Funktionalität des Bodens als Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen bewertet, besonders solche Böden, die zur Erhöhung der Biodiversität beitragen können. Dabei wird das „Biotopentwicklungspotenzial eines Bodens zur Entwicklung von Trocken- oder Feuchtbiotopen“ beurteilt.

Kriterium

Biotopentwicklungspotenzial als Trockenstandort (in Abhängigkeit vom Wasserspeichervermögen im Durchwurzelungsraum)

Eingangsparameter

Nutzbare Feldkapazität in Durchwurzelungsraum (We), Skelettgehalt, Horizontierung (Horizontmächtigkeit), Bodenform/Bodentyp, Nutzung (teilweise Versiegelungsgrad), (Hinweise auf Veränderungen des Bodens aus Daten der Laboranalysen und Daten verschiedener Quellen)

Beschreibung der Methode

Für die Teilfunktion Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen werden vor allem die Böden hinsichtlich des Kriteriums „Potenzials als Trockenstandort“ auf Grund ihrer geringen Wasserspeicherfähigkeit oder geringem Wasserangebot als wertvoll bewertet. So bilden diese Böden bevorzugte Standorte für „seltene, trockenheitstolerante Tier- und Pflanzengesellschaften“ und können dadurch zur „Erhöhung der Biodiversität“ beitragen. Das Kriterium Naturnähe wird bei dieser Einzelbewertung nicht berücksichtigt, da anthropogen entstandene junge Böden und stark anthropogen überformte Böden (z.B. Gleisanlagen) sehr gute Voraussetzungen für die Entwicklung spezialisierter Flora und Fauna bieten können. Beispielweise sind die aufgelassenen Bahnflächen und Kiesgruben als optimale Standorte zur Ansiedelung seltener, trockenheitstoleranter Tiere und Pflanzen zu sehen. Somit erhalten diese Standorte als besonderer Naturraum unabhängig von ihrer Naturnähe eine hohe Bewertung. Die Bewertung erfolgt hier für jeden Profilpunkt bis 1 m Tiefe. Die Einstufung der Bodenfläche (Standorte) erfolgt nach Tab. 35 aus der nutzbaren Feldkapazität im Durchwurzelungsraum und der Nutzung, bzw. der Bodenform.

Tab. 35: Zuordnung der Wertstufen für die Teilfunktion „Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen“ anhand der Wertzahlen für die nutzbare Feldkapazität im Durchwurzelungsraum (Kriterium: Trockenstandort für die Teilfunktion)

Nutzung	Bodenform	nFKWe	Wertstufe
Gleisanlagen, Kiesgruben	-	≤30 mm	1
-	-	> 30 bis 50 mm	2
-	-	> 50 bis 120 mm	3
-	Gleyböden	> 120 bis 220 mm	4
-	Moorböden (z.B. 1260, 1270, 1280, ...) ¹⁾	≥ 220 mm	5

¹⁾ in Klammern: Zahlencode der Bodenformen/Bodentypen nach der Zuordnung der Bodengesellschaften in der Konzeptkarte der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, 2005

Kriterium

Biotopentwicklungspotenzial als Feuchtstandort (unter dem Einfluss von Grundwasser)

Eingangsparameter

Nutzbare Feldkapazität in Nutzbare Feldkapazität in Durchwurzelungsraum (We), Skelettgehalt, Horizontierung (Horizontmächtigkeit), Bodenform/Bodentyp, Nutzung (teilweise Versiegelungsgrad), (Hinweise auf Veränderungen des Bodens aus Daten der Laboranalysen und Daten verschiedener Quellen)

Beschreibung der Methode

Hinsichtlich des „Potenzials als Feuchtstandort“ erhalten solche Böden die Höchstbewertung, die unter dem „Einfluss von Grundwasser“ entstanden sind (Moorböden, Gleyböden usw.). Diese Grundwasser geprägten Standorte weisen gute Voraussetzungen für die Entwicklung seltener Tier- und Pflanzengesellschaften auf. Dabei werden die Moorböden mit „sehr hoch“ und Gleyböden mit „hoch“ und als Gleisanlagen genutzte Bereiche mit „sehr gering“ hinsichtlich ihres Potenzials als Feuchtstandort bewertet. Die restlichen Kategorien werden gemäß der mittleren nutzbaren Feldkapazität im Durchwurzelungsraum eingestuft (Tab. 36).

Tab. 36: Zuordnung der Wertstufen für die Teilfunktion „Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen“ anhand der Wertzahlen für die nutzbare Feldkapazität im Durchwurzelungsraum (Kriterium: Feuchtstandort für die Teilfunktion)

Nutzung	Bodenform	nFKWe	Wertstufe
-	Moorböden (z.B. 1260, 1270, 1280, ...) ¹⁾	-	1
-	Gleyböden	≥ 200 mm	2
-	-	< 200 bis >140 mm	3
-	-	140 bis > 60 mm	4
Gleisanlagen	-	bis 60 mm	5

¹⁾ in Klammern: Zahlencode der Bodenformen/Bodentypen nach der Zuordnung der Bodengesellschaften in der Konzeptkarte der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, 2005

Aggregierte Bewertung: (Natürliches) Biotopentwicklungspotenzial

Kriterium

Potenzial als Feuchtstandort, Potenzial als Trockenstandort³¹, (Naturnähe)

Beschreibung der Methode

Die aggregierte Bewertung anhand des Kriteriums (natürliches) Biotopentwicklungspotenzial zeigt (z.B. in einer Karte) die Funktionsfähigkeit von Böden, die ein Potenzial zur Entwicklung von Trocken- oder Feuchtstandorten aufweisen. Am besten werden hier Böden mit geringem Wasserangebot sowie Böden mit einem Überschuss an Wasser bewertet. Dazu zählen vor allem Feuchtstandorte (z.B. Moorböden, Grundwasser oder Stauwasser geprägte Standorte) und Trockenstandorte (z.B. Gleisanlagen, Sand- und Felsböden). So erhalten diese Böden die Höchstbewertung.

Teil 2: Bewertung der Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen (LRF2) unter Berücksichtigung der Naturnähe

Kriterium

Biotopentwicklungspotenzial und Naturnähe

Eingangsparameter

- Bodenkundliche Verknüpfungsparemeter: Nutzbare Feldkapazität in We, effektive Kationenaustauschkapazität, Naturnähe,

³¹ Die Ergebnisse der aggregierten Bewertung können in einer thematischen Karte dargestellt werden, so dass alle Böden mit einem „hohen“ oder „sehr hohen“ Potenzial zur Entwicklung von Trocken- oder Feuchtstandorten gezeigt werden.

- Bodenkundliche Basisparameter: Skelettgehalt, Horizontierung (Horizontmächtigkeit), Bodenform/Bodentyp, Nutzung (teilweise Versiegelungsgrad), Tiefe des effektiven Wurzelraumes, (Hinweise auf Veränderungen des Bodens aus Daten der Laboranalysen und Daten verschiedener Quellen)

Beschreibung der Methode

Nach der Teilmethode in Teil 1 wird der Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen und wildlebende Tiere bewertet. Als hochwertig eingestuft werden dabei die Böden, die zur Erhöhung der Biodiversität beitragen. Um jedoch die Artenvielfalt in der Stadt aus der Sicht des Bodenschutzes zu bewahren, gilt es, Standorte mit „besonderen Eigenschaften“ zu kennzeichnen und zu erhalten. Solche Lebensräume für Pflanzen und Tiere zeichnen sich entweder durch sehr „feuchte“ oder aber „extrem trockene“ und „nährstoffarme“ Verhältnisse und durch eine hohe „Naturnähe“ des Bodens aus. Dabei sind aus der Sicht des Bodenschutzes „natürliche Extremstandorte“ höher zu bewerten als Standorte, deren extreme Eigenschaften auf massive anthropogene Überprägungen zurückzuführen sind (z.B. Gleisanlagen, Kiesgruben). Die Bewertung erfolgt hier für jeden Profilpunkt bis 1 m Tiefe.

Die Ableitung und Klassifizierung der zu bewertenden Lebensräume hinsichtlich ihres Potenzials als Feuchtstandort (bodenkundliche Feuchtstufe) erfolgt nach Tab. 37.

Tab. 37: Bewertung der bodenkundlichen Feuchte von Standorten gemäß des Einflusses von Grundwasser und der nutzbaren Feldkapazität im Durchwurzelungsraum

Nutzung	Bodenform	nFKWe	Bewertung	
			Bezeichnung	Wertzahl
Gleisanlagen, Kiesgruben	-	≤ 30 mm	extrem trocken	1
-	-	> 30 bis 60 mm	trocken	2
-	-	> 60 bis 140 mm	mittel feucht	3
-	Gleyböden	> 140 bis 220 mm	feucht	4
	Moorböden (z.B. 1260, 1270, 1280, ...) ¹⁾	> 220 mm	nass	5

¹⁾ in Klammern: Zahlencode der Bodenformen/Bodentypen nach der Zuordnung der Bodengesellschaften in der Konzeptkarte der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, 2005

Ermittlung der Nährstoffverhältnisse an Hand der $KAK_{eff.}$ in We. In Tab. 38 sind die Stufen der Nährstoffversorgung und der mittleren effektiven Kationenaustauschkapazität ($KAK_{eff.}$) aufgeführt.

Tab. 38: Bewertung der Nährstoffversorgung anhand der mittleren effektiven Kationenaustauschkapazität im effektiven Wurzelraum

$KAK_{eff.}$ [cmol _c / kg]	Bewertung der $KAK_{eff.}$		Bewertung der Nährstoffversorgung	
	Bezeichnung	Wertzahl	Bezeichnung	Wertzahl
0 - < 4	sehr gering	1	sehr nährstoffarm	1
4 - < 8	gering	2	nährstoffarm	2
8 - < 12	mittel	3	mittel	3
12 - < 20	hoch	4	nährstoffreich	4
≥ 20	sehr hoch	5	sehr nährstoffreich	5

Der effektive Wurzelraum für Berliner Böden kann entsprechend unterschiedlichen Nutzungen aus Tab. 39 entnommen werden.

Tab. 39: Tiefen des effektiven Wurzelraumes (in cm) in Abhängigkeit von Bodenart und Nutzung
(Quelle: Plath/Dreetz, 1988 in: Gerstenberg & Smettan, 2005)

Hauptbodenart/Nutzung	Nutzung				
	Acker, Garten Friedhof	Grünland	Forst	Park	Kleingarten
Sande	60	50-60	100	70	60
Lehme	70	60-70	120	80	70
moorige Böden (Grundwasser-beeinflusst)	-	20-30	40	40	40

Die Bewertung der Naturnähe, bzw. umgekehrt, der Hemerobie erfolgt auf Grundlage der Intensität und der Art der anthropogenen Veränderungen. Die Wertigkeitsstufen für die Schutzwürdigkeit der Böden wurden den in Berlin vorkommenden Böden nach Tab. 40 in Abhängigkeit von dem Bodenaufbau angepasst.

Tab. 40: Zuordnung der Wertzahl für das Kriterium Naturnähe/anthropogener Einfluss der Berliner Böden basierend auf den Hemerobiestufen

(Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an die Bewertungsergebnisse der verwendeten Methode BE 1.1 der Gruppe „Naturnähe“ nach BLUME und SUKOPP, 1976 bzw. BLUME, 1990; GRENZIUS, 1987; STASCH, STAHR, SYDOW, 1991 in: GERSTENBERG & SMETTAN, 2005)

Hemerobiestufe nach GRENZIUS	Naturnähe der Berliner Böden		Ansätze zur Hemerobie Charakteristika bzw. Bodenaufbau (Horizont- bzw. Substratabfolge)	Bewertung der Naturnähe	
	Ausmaß der Boden- veränderung	Bodennutzungen (Beispiele)		Bezeich- nung	Wert- zahl
-	nicht verändert	in Berlin nicht vorkommend	-	-	-
	sehr wenig verändert	in Berlin nicht vorkommend	-	-	-
1 A meso- hemerob	wenig verändert	Wald (Forst), natürliche Biotope (z.B. Feucht- und Nasswiesen, Trockenrasen, Moorwiese, Uferbereiche)	natürlich gewachsene Böden (ohne sichtbare oder) mit nur geringen anthropogenen Einflüssen (natürlich entwickeltes Bodenprofil)	sehr hoch	1
2 B mesoeu- hemerob		Straßenrandbereich im Forst			
3 C eu- hemerob	mäßig verändert	Landschaftspark, naturnahe Parkanlage, ökologisch bewirtschafteter Acker- und Gartenbau, Pfuhl, Aue, Wiese, Weide	im Oberboden anthropogen beeinflusste Böden (Veränderung bis in eine maximale Tiefe von 30 cm) oder Durchmischung im Oberboden (> 30 cm) ohne Fremdbestandteile	hoch	2
4 D eu- hemerob		Park, z.T. Wiese und Weide. extensiv genutztes Grünland (Rasen) oder Wald			
5 E eu- hemerob		Kolonie (Kleingärten, Hausgärten im suburbanen Raum), Friedhof, Park, gering besiedelte Flächen, Flughafen, Aue, Badestelle, Wechsel von Aufschüttung und natürlichem Boden	im Oberboden und teilweise im Unterboden anthropogen beeinflusste Böden z.T. mit Aufschüttungsböden oder vereinzelt technogenen Beimengungen von Fremdbestandteilen (z.B. Bauschutt, Schlacken, Aschen, Müll)	mittel	3
6 F eu- hemerob	stark verändert	(Kolonie, mit Rieselwassereinfluss, Rieselfeld)	im Oberboden (stark), im Unterboden mäßig anthropogen beeinflusste Böden	gering	4
7 G poly- hemerob	sehr stark verändert	Kolonie (Aufschüttung, Abgrabung); Park, vorwiegend auf Aufschüttung, Freifläche der Innenstadt, Brachfläche, Deponien, Trümmerberg, Gleisanlage, Truppenübungsplatz, Aufschüttung in Toteissenke, Kiesgrube, Versiegelung 0 - 15 %	stark im gesamten Bodenaufbau veränderte Böden, überwiegend Aufschüttungsböden		

Tab. 40: Fortsetzung

Hemerobiestufe nach GRENZIUS	Naturnähe der Berliner Böden		Ansätze zur Hemerobie Charakteristika bzw. Bodenaufbau (Horizont- bzw. Substratabfolge)	Bewertung der Naturnähe	
	Ausmaß der Boden- veränderung	Bodennutzungen (Beispiele)		Bezeich- nung	Wert- zahl
8 H poly- hemerob	extrem stark verändert	Siedlung, Innenstadt, Industriefläche (Abstandsgrün), Verkehrsbegleitgrün, Versiegelung 10 - 50 %	stark im gesamten Bodenaufbau veränderte Böden, überwiegend Auf- schüttungsböden	sehr gering	5
9 I poly- hemerob		Siedlung, Innenstadt, Industriefläche, Versiegelung 45 - 90 %	sehr stark im gesamten Bodenaufbau veränderte Böden, überwiegend Aufschüttungsböden		
10 K poly- meta- hemerob		Siedlung, Innenstadt, Industriefläche, Versiegelung 85 - 100 %	durch Auf- und Abtrag, Verdichtung etc. völlig überformte Böden, Altlasten mit nachgewiesener Stoffgefährlichkeit		

In Tab. 41 ist die Einstufung des Biotopentwicklungspotentials aufgeführt.

Tab. 41: Zuordnung der Wertzahl für das Kriterium Biotopentwicklungspotential

		Nährstoffversorgung in We				
		1	2	3	4	5
Wertzahl Standortfeuchte	1	1	2	3	4	5
	2	2	2	4	5	5
	3	3	4	5	5	5
	4	3	3	3	5	4
	5	2	2	2	3	2

Die Gesamtbewertung für jeden Bohrpunkt für die Teilfunktion Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen ergibt sich abschließend durch die Verknüpfung der Wertzahlen für Kriterien „Naturnähe“ und „Biotopentwicklungspotential“ für jeden Bohrpunkt/jedes Bodenprofil (Tab. 42).

Tab. 42: Zuordnungsmatrix zur Bestimmung der Wertstufe für die abschließende Bewertung der Teilfunktion „Lebensgrundlage für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen“ anhand der Wertzahlen für Naturnähe/anthropogener Einfluss und Biotopentwicklungspotential (Kriterium: Biotopentwicklungspotenzial und Naturnähe)

		Wertzahl Naturnähe/Anthropogener Einfluss				
		1	2	3	4	5
Wertzahl Biotopentwicklungs- potential	1	1	2	3	4	4
	2	1	2	3	4	4
	3	1	2	3	4	4
	4	2	3	4	5	5
	5	2	3	4	5	5

Diskussion der Methode

- Rechtsbezug

Die Auswahl der Kriterien zur Bewertung der Teilfunktion Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen unterliegt noch einer umfassenden Diskussion im Sinne von § 2 Abs. 2 BBodSchG. Dabei wird die „Naturnähe“ in den meisten Bewertungsverfahren für viele Gründe (z.B. Fehlen der erforderlichen Datenbasis oder Auftreten der Angst vor einer generellen Diskriminierung landwirtschaftlich genutzter Flächen) nicht berücksichtigt. Darüber hinaus wird das Kriterium „Biotopentwicklungspotential“ zur Bewertung dieser Teilfunktion verwendet. Wenn die Naturnähe als eigenes Kriterium bei der Bewertung dieser Teilfunktion nicht berücksichtigt wird, birgt das die Gefahr einer Überbewertung anthropogen stark veränderter Böden durch künstliche Bodenaufschüttungen oder Abgrabungen hinsichtlich ihres Standortpotenzials als Lebensraum in sich. Außerdem kann die Verwendung des Kriteriums Biotopentwicklungspotential allein durch die Ausweisung von extremen Standorten zu einer Aushebelung der Ziele des Bodenschutzes führen, so dass bei gleichen Eigenschaften keine Unterscheidung zwischen künstlichen Standorten und natürlichen Böden auftreten wird (HOCHFELD, 2002). So erhalten z.B. die wenigen produktiven natürlichen Böden und durch den Menschen veränderten Standorte, die anhand dieses Kriteriums betrachtet werden, die gleiche Bewertung und somit die gleiche Schutzwürdigkeit.

Dementsprechend lässt sich sagen, dass die Wahl der Kriterien zur Bewertung dieser Teilfunktion im Rahmen ihres Rechtsbezugs noch diskutiert wird. Aber es ist anhand des Ergebnisses der fachlichen Diskussion klar, dass beide Kriterien Hilfskriterien sind. Die Berücksichtigung dieser beiden Kriterien Naturnähe und Biotopentwicklungspotenzial kann man parallel verwenden, um die Störung des Lebensraums zu bewerten. Aber die Gültigkeit dieser Kriterien bleibt im Rahmen der verwendeten Eingangsparameter für Bodenorganismen, insbesondere Mikroorganismen, unklar.

Hinsichtlich der Erhaltung einer hohen Biodiversität von Standorten (Teil 1 dieser Methode) ist das Biotopentwicklungspotential Hauptkriterium, mit dem eine ausreichende Differenzierungsfähigkeit in Abhängigkeit von relevanten Parametern zur Abgrenzung besonders geeigneter Standorte für die Biotopentwicklung (vor allem Feuchtstandorte und Trockenstandorte) möglich ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mit „hoher Leistungsfähigkeit“ Stadtböden mit extremer oder besonderer Ausprägung von Standorteigenschaften (trocken, feucht/naß, nährstoffarm) bewertet werden, da diese Böden mit geringer Hemerobiestufe und somit geringer Veränderung als Folge von menschlichen Eingriffen „günstige Voraussetzungen“ für besonders „schutzwürdige (spezialisierte und i. allg. auch seltene) Pflanzengesellschaften“ für Berlin bieten.

- Fachlichkeit des Parameters

Die Bestimmung der chemischen und physikalischen Eigenschaften, welche die Böden zu Standorten bestimmter Lebenswesen machen, unterliegt vor allem den Faktoren: Wasserhaushalt, Nährstoffversorgung und Bodenreaktion (pH-Wert).

Der Wasserhaushalt von Böden wechselt mit den verschiedenen Witterungsbedingungen. Unter den vereinfachten Bedingungen einer Bewertung der Leistungsfähigkeit ist es sehr schwierig oder nicht

möglich, den Wasserhaushalt als Faktor für den Lebensraum für Lebewesen umfassend zu beschreiben, sondern dieser kann nur aus einfach bestimmbar Parametern ermittelt werden. Die Leistung von Böden, Wasser pflanzenverfügbar zu speichern, wird als ein wichtiger Faktor für das Feuchteregime betrachtet. Die Standortfeuchte ist aber auch von der Bodenart und der Lagerungsdichte abhängig, da diese das Maß an pflanzenverfügbarem Wasser im Boden steuern. Daher wird in dieser entwickelten Methode zur Bewertung der Teilfunktion Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Organismen die nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraums (nFK_{we}) als Maß für die Standortfeuchte herangezogen. Der Wurzelraum kann - je nach Pflanzenart - eine Mächtigkeit von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern aufweisen. Somit werden für Berliner Standorte entsprechend unterschiedlichen Nutzungen unterschiedliche effektive Wurzelräume bestimmt (vgl. Tab. 39).

Die Nährelemente eines Bodens/Standortes wie N, P, K, S, Ca, Mg und Na liegen im System Böden in unterschiedlichen Bindungsformen oder gelöst in der Bodenlösung vor. Die effektive Kationenaustauschkapazität ($KAK_{eff.}$), welche die aktuell verfügbaren Nährstoffe in der Bodenlösung darstellt, ist, neben den Gehalten an Nährstoffen, für die Nährstoffversorgung für Pflanzen verantwortlich. Die $KAK_{eff.}$ beschreibt die Fähigkeit des Bodens, Elemente an geladene Bodenkolloide durch Sorption zu binden und im Gegenzug durch Desorption Elemente, meist Ca, Mg, K und Na, freizusetzen. Meistens sind Tonminerale und die Huminstoffe die sogenannten Austauscher. Somit ist die $KAK_{eff.}$ abhängig von der Bodenart (genauer dem Tongehalt und Art der Tonminerale) sowie dem Humusgehalt und der Humusqualität des Bodens. Sie variiert je nach pH-Wert, da bei niedrigen pH-Werten manche wirksamen Austauschprozesse nicht mehr vonstatten gehen. So können z.B. pH-neutrale ton- und humusreiche Böden mehr Nährstoffe binden als saure, sandige Böden. Sandige Böden mit einer geringen $KAK_{eff.}$ müssen daher trotz ubiquitär hoher Nährstoffeinträge als vergleichsweise nährstoffarmer Standort gelten und sind in diesem Zusammenhang als hochwertig einzustufen. Z.B. können diese Böden einer spezifischen und i.d.R. schutzwürdigen Biozönose (z.B. Magerrasen) Lebensraum bieten. Daher kann die effektive Kationenaustauschkapazität in Verbindung mit dem Humusgehalt und in Kombination mit dem Faktor pH-Wert als Maß für das Nährstoffbindungsvermögen und damit den potentiellen Nährstoffgehalt eines Bodens dienen.

Trotz der engen Korrelation zwischen der nFK und KAK ist es aber notwendig, beide Parameter zur Bewertung von besonderen Standorteigenschaften (trocken, feucht/ nass, nährstoffarm) zu berücksichtigen. Z.B. können ton- und/oder humusreiche Böden sowohl Wasser als auch Nährstoffe gut speichern. Somit sind die feuchten Standorte, die vor allem natürlich gewachsene Böden aufweisen, bereits über KAK als hochwertig eingestuft. Aber dies betrifft nicht besonders Böden mit starker anthropogener Überprägung im urbanen Raum (z.B. Bahnflächen, Park-/Grünflächen und Kolonie usw.). Diese Böden weisen eine große Heterogenität in ihren Eigenschaften auf. Zur Ermittlung der Parameter nFK und KAK sind in diesem Zusammenhang Angaben zu Basisparametern wie Lagerungsdichte, Textur und dem Gehalt an organischen Substanzen erforderlich.

Für die Bewertung der Teilfunktion Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen ist die Naturnähe des Standortes und des Bodenprofils wichtig. Z.B. sind die

Böden, die durch künstliche Bodenaufschüttungen oder Abgrabungen verändert wurden, im Sinne des Bodenschutzes als Standorte für natürliche Pflanzen weniger schutzwürdig. In diesem Zusammenhang ist die Naturnähe ein Anzeiger für das Ausmaß der Veränderung des Bodens durch den menschlichen Eingriff gegenüber dem natürlichen Ausgangszustand. Die Ermittlung der Naturnähe eines Standortes erfolgt durch eine Reihe ähnlicher Ansätze, die bereits entwickelt wurden. Die Ermittlung der Naturnähe anhand von Daten der Bodenkartierung (z.B. Horizontabfolge) ist nicht immer möglich. Somit ist die nutzungsabhängige Flächeneinstufung bei der Bewertung maßgeblich. Die Flächennutzungen sollen aber eindeutig definiert und mit dem „Bodenaufbau“ (z.B. Substratabfolge des Bodenprofils) während der Bewertung korreliert werden, insbesondere für die Hemerobiestufen „a“ bis „d“. Somit lässt sich die Naturnähe über die Basisparameter Landnutzungstypen und Substratabfolge in Kombination mit den Hemerobiestufen bewerten. Das Kriterium Naturnähe kann somit über den Bodenaufbau (Substratabfolge des Bodenprofils) nach der Tab. 40 entsprechend den Hemerobiestufen bewertet werden. Können diese nicht bestimmt werden, werden alternativ die Landnutzungstypen entsprechend den angepassten Wertigkeitsstufen für die Schutzwürdigkeit der in Berlin vorkommenden Böden herangezogen (vgl. Tab. 40).

Da die seltenen Pflanzen meist auf zugleich trockenen oder nassen oder an Nährstoffen verarmten Standorten auftreten, wird der Parameter „pH-Wert“ und wiederum das auf diesem Parameter basierende „flächenhafte Vorkommen (Seltenheit/Häufigkeit)“ der Standorteigenschaften bei der Bewertung dieser Teilfunktion nicht berücksichtigt. Außerdem handelt es sich bei der Einschätzung immer um die Annahme, dass besondere Ausprägung der Standorteigenschaften (trocken, feucht/ nass, nährstoffarm) auch immer implizit eine größere Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Seltenheit der standortrelevanten Bodeneigenschaften bedeutet.

Vollständigkeit

Die Leistungsfähigkeit dieser Teilfunktion kann mit den Kriterien Naturnähe und Biotopentwicklungspotenzial im Sinne des BBodSchG umfassend geprüft werden.

Fachliche Richtigkeit (Verknüpfungsregeln)

Im Rahmen der Bewertung dieser Teilfunktion sind die Verknüpfungsregeln für die Teilmethode „Bewertung der LRF2 unter Berücksichtigung der Naturnähe“ erstellt. Anfangs werden die Parameter KAK_{eff} und $nFKWe$ zur Ermittlung der Wertzahlen des Biotopentwicklungspotenzials sowie die Landnutzungstypen und Substratabfolge zur Ermittlung der Wertzahlen der Naturnähe entsprechend den Hemerobiestufen verwendet. Schließlich werden die beiden Wertzahlen anhand einer Zuordnungsmatrix zur Bestimmung der Wertstufe für die Teilfunktion Lebensgrundlage für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen verknüpft.

Die Bewertung des Biotopentwicklungspotenzials erfolgt in Anlehnung an die auf Horizontdaten der Bodenkartierungen für Berliner Böden basierende Klasseneinteilung der Eingangsparameter KAK_{eff} und $nFKWe$. Um ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den Parameter KAK_{eff} und $nFKWe$ bei der Bewertung des Kriteriums Standortpotenzial zur Entwicklung eines Biotops zu realisieren und seltene

Ausprägungen der Standorteigenschaften genauer zu prüfen, wird dieses Kriterium anhand einer Verknüpfungsmatrix der Wertzahlen KAK_{eff} und nFK_{We} bewertet. Auf eine Gewichtung der Einzelparameter wurde hier verzichtet, da diese eine fachlich fundierte Bewertungserkenntnis benötigt. Außerdem kann sich die Gewichtung auf aus den Bodenkarten übernommene Werte von Parametern beschränken (Ermittlung der Parameter aus Bodenschätzung).

Die Naturnähe wird aus den Hemerobiestufen in Abhängigkeit von der Standort- und Bodenbeschreibung wie Substratabfolge entsprechend Wertigkeitsstufen, die für die Schutzwürdigkeit der Böden entwickelt wurde, bewertet. Dabei kann der Parameter Nutzung verwendet werden, wenn standortrelevante Bodeneigenschaften (Bodenprofil-Charakteristika) nicht anhand der Bodenkartierung erhoben werden können. Mit dieser Vorgehensweise erfolgt die jeweilige Einstufung der Parameter nach dem besten Fachwissen unter der Berücksichtigung der vorgelegten Ansätze zur Hemerobie (vgl. Tab. 40). Außerdem lassen sich anhand des Bewertungsansatzes der Naturnähe alle Standorte/Böden auf Grundlage der horizontsbezogenen Bodendaten und der Nutzungen wie versiegelten Flächen bewerten und eine realistische Bewertung z.B. für die anthropogen beeinflussten Böden bzw. anthropogen überformten Böden (Hemerobiestufen „f“ bis „k“) so weit wie möglich einschätzen.

Zum Abschluss der Vorgehensweise der Bewertung wird zur Bestimmung der Funktionswertstufe für die Teilfunktion "Lebensgrundlage für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen" die Verknüpfung der Wertzahlen für Naturnähe und Biotopentwicklungspotenzial durchgeführt. Somit lässt sich die Naturnähe geringfügig stärker gewichten, da sie eine nicht wiederherstellbare Eigenschaft charakterisiert und somit einen höheren Wert in der Bewertung dieser Teilfunktion erhält. In diesem Zusammenhang ist es anhand dieser Vorgehensweise klar, dass bodenkundliche Extremstandorte, die für den Bodenschutz im Rahmen des Naturschutzes eine hohe Bedeutung haben, eine sehr hohe oder hohe Wertstufe erhalten, bei denen aufgrund ihrer Naturnähe von einer Bedeutung als Pflanzenstandort zur Entwicklung eines Biotops und somit zur Verbesserung der Biodiversität in Stadträumen ausgegangen werden kann.

Reproduzierbarkeit/Transparenz

Alle in die Bewertung einfließenden Parameter, einschließlich der Hilfsparameter, weisen eine gute Reproduzierbarkeit hinsichtlich ihrer Erhebungen auf und können auf standardisierte Ermittlungsmethoden verweisen. Obwohl den Großanteil der den Berliner Böden angepassten Landnutzungstypen für die Bewertung der Naturnähe entsprechend der Hemerobiestufe berücksichtigt wird, bleiben diese Nutzungen beispielhaft definiert und lassen bei dem Fehlen von horizontbezogenen Bodendaten einen gutachterlichen Entscheidungsspielraum bei der Bewertung der Naturnähe offen. Aber hinsichtlich der Transparenz ergeben sich die Bewertungsergebnisse anhand den Verknüpfungsregeln dieser Methode in ihrer zweiten Bewertungsprozedur aus den erhobenen Bodendaten bestmöglich.

Prognosefähigkeit

Die Methode weist die gute Fähigkeit anhand von prognostizierten Eingangsparametern auf, die Prognose von Veränderungen an diese Teilfunktion zu ermöglichen. Mit steigenden Details der Art

und Intensität von menschlichen Veränderungen sowie der geplanten Massnahmen lässt sich wiederum die Prognosefähigkeit erhöhen.

Anwendbarkeit (Praktikabilität)

Die Methode zur Bewertung der Teilfunktion Lebensgrundlage ist einfach anzuwenden, da die Eingangsparameter auf der Grundlage der Hilfsparameter (z.B. Feldparameter) aus Daten der Bodenkartierung ermittelt werden können. Außerdem kann die Naturnähe beim Mangel der Bodendaten (z.B. Aufbau des Bodenprofils) abgeleitet werden. Somit sind mehrere Datenquellen zur Bewertung der Funktionalität des Bodens als Lebensgrundlage möglich.

Allgemeine Gültigkeit

Die Methode lässt sich auf alle Flächen anwenden und alle Böden können somit bewertet werden.

10.2.2 Bestandteil des Naturhaushalts insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen (BNH) (BBodSchG § 2, Abs. 2, 1b)

10.2.2.1 Boden als Bestandteil des Wasserkreislaufs (BNH1)

Bei der Bewertung des Bodens als Bestandteil des Wasserkreislaufs wird die wesentliche Aufgabe des Bodens „die Retention von Niederschlagswasser“ sowie die „Grundwasserneubildung“ anhand seiner Fähigkeit zur Infiltration von Niederschlag (Oberflächenwasserabfluss)“ berücksichtigt. Die Leistungsfähigkeit des Bodens wird dabei durch das „Versickerungsvermögen“ in Abhängigkeit von dem Infiltrationsvermögen von Oberflächenabfluß und dem Wasserspeichervermögens bestimmt.

Hinsichtlich des Infiltrations- und Versickerungsvermögens besitzen speziell unversiegelte Böden in dicht besiedelten Gebieten besondere Bedeutung auf. Diese Böden haben die Fähigkeit, die Niederschlagswasser aufzunehmen (Infiltrations- und Versickerung), zu speichern und zeitlich verzögert an die Atmosphäre, an die Vegetation, an die Vorfluter oder an das Grundwasser abzugeben. Der Regelungsfunktion von Böden im Wasserkreislauf kommt in Stadtgebieten aufgrund der vielfältigen nutzungsbedingten Überprägungen eine besondere Rolle zu, so dass die Frage nach der Regelung des Oberflächenabflusses (Niederschlag) und der Grundwasserneubildung im Rahmen der Planung (z.B. Bauleitplanung) eine zunehmende Bedeutung in Hinblick auf den Schutz vor Hochwässern sowie der Gewässerverunreinigung und einer ausreichenden Sicherstellung der Grundwasser- und damit auch Trinkwassernachlieferung einnimmt. Als „hochwertig“ eingestuft werden somit die Böden, die mit einer hohen Versickerungsfähigkeit und damit einem guten Infiltrations-, Speicher- und Retentionsvermögen von Oberflächenwasser (Niederschlag) sind oder sein können.

Nachfolgend wird die Methode mit dem Kriterium „Versickerungspotenzial für Niederschlagswasser“ (Oberflächenwasser) dargestellt. Dieses Kriterium beschreibt die „Leistungsfähigkeit des Bodens, Niederschlagswasser (Oberflächenwasser) zu infiltrieren, zu speichern oder ins Grundwasser abzugeben und dadurch den Oberflächenabfluss zu verzögern bzw. zu vermindern“. Diese Methode berücksichtigt hinsichtlich der Grundwasserneubildung den quantitativen Aspekt. Der Aspekt der

Qualität der Grundwasserneubildung wird als einzelne Teilfunktion im Sinne des Bodenschutzes berücksichtigt.

Kriterium

Versickerungspotenzial für Niederschlagswasser (quantitativer Aspekt der Grundwasserneubildung)

Eingangsparameter

- Bodenkundliche Verknüpfungparameter: Durchlässigkeit (gesättigte Wasserleitfähigkeit - kf-Wert), nutzbare Feldkapazität (nFK), Luftkapazität (LK).
- Bodenkundliche Basisparameter: Bodenart, Trockenrohdichte, Gehalt an Grobmaterial, Humusgehalt, Horizontierung (Horizontmächtigkeit), Nutzung.

Beschreibung der Methode

Die Bewertung erfolgt bis 1 m Tiefe. Die Bewertung des Wasserspeichervermögens (Speicherleistung) erfolgt für jeden Bohrpunkt zunächst anhand der Summe von nutzbarer Feldkapazität und Luftkapazität nach Tab. 43. Die Bewertung des Infiltrationsvermögens erfolgt für jeden Bohrpunkt anhand des kf-Wertes nach Tab. 44. Der kf-Wert stellt hier nicht den Mittelwert des gesamten Profils dar. Stattdessen fließt der geringste kf-Wert der Horizonte des Profils in die Bewertung ein, so dass der geringst durchlässige Horizont als „versickerungslimitierender Faktor“ zur Bewertung herangezogen wird.

Tab. 43: Bewertung des Wasserspeichervermögens (WSV) anhand der nutzbaren Feldkapazität und Luftkapazität [mm bzw. l/m²]

WSV (nFK + LK)	Bewertung	
	Bezeichnung	Wertzahl
< 50	sehr gering	1
50 - < 90	gering	2
90 - < 140	mittel	3
140 - < 200	hoch	4
>= 200	sehr hoch	5

Tab. 44: Bewertung des Infiltrations-vermögens anhand des kf-Wertes [cm/d]

kf	Bewertung	
	Bezeichnung	Wertzahl
<= 7	sehr gering	1
> 7 - 15	gering	2
> 15 - 40	mittel	3
> 40 - 100	hoch	4
> 100	sehr hoch	5

Abschließend erfolgt die Gesamtbewertung für jeden Bohrpunkt gemäß Tab. 45 durch Verknüpfung der Wertzahlen für „Infiltrationsvermögens“ und „Wasserspeichervermögen“ „Ausnahmen: „Gleisanlagen“ erhalten aufgrund ihrer sehr hohen Durchlässigkeit pauschal die Wertstufe 1. Versiegelte und teilversiegelte Flächen erhalten hier schlechtere Bewertungen unter Berücksichtigung des „Grades der Oberflächenversiegelung“ (Böden der „I“ und „K“ Hemerobiestufen, vgl. Tab. 40). Dabei erhalten die anthropogen überprägten Böden „Gebäude- und Asphaltflächen“ die Wertstufe 5 (sehr geringe Durchlässigkeit, somit wird diesen Böden automatisch die schlechteste Bewertungsstufe

zugewiesen). Die „stauwasserbeeinflussten Böden“ erhalten bei dem Fehlen der auf erhobenen Bodeninformationen basierenden Bewertung bestenfalls die Wertstufe 3 (mittel)“.

Tab.45: Zuordnungsmatrix zur Bestimmung der Wertstufen für Bewertung der Teilfunktion „Bestandteil des Wasserkreislaufs“ anhand der Wertzahlen für Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert) und Wasserspeicher-vermögen (nFK + LK) (Kriterium: Infiltrations- und Versickerungspotenzial für Niederschlagswasser (Oberflächenwasser))

		Wertzahl Wasserspeichervermögen (nFK + LK)				
		1	2	3	4	5
Wertzahl des Infiltrationsvermögens (kf)	1	5	5	5	4	4
	2	5	5	4	4	3
	3	5	4	3	3	2
	4	3	3	2	2	1
	5	2	1	1	1	1

Diskussion der Methode

Rechtsbezug

Der Rechtsbezug der Teilfunktion „Bestand im Wasserkreislauf“ ist gemäß ihrer Formulierung im Text des BBodschG, § 2 umfassend gegeben. Da die Böden eine wichtige Funktion in der Regelung des Wasserhaushaltes haben, soll die Bewertung dieser Teilfunktion in den beiden wichtigsten Teilaspekten „Fähigkeit der Aufnahme von Oberflächenabfluß“ (Niederschläge) und „Fähigkeit der Grundwasserneubildung“ aufgezeigt und mit dem formulierten Kriterium „das Infiltrations- und Versickerungspotenzial“ umfassend geprüft werden.

Diese Methode richtet sich vor allem an die Beurteilung der unversiegelten Böden in dicht besiedelten Gebieten. Versiegelte Flächen, die sehr geringe Infiltration aufweisen, können nicht ausreichend am Wasserkreislauf teilnehmen. Außerdem benötigt die Bewertung dieser Flächen, die aktuelle Nutzung zu berücksichtigen, so dass die (aktuelle) Nutzung eine entscheidende Rolle für Beurteilung des Aufmasses der anthropogenen Beeinträchtigungen des Wasserkreislaufs von Böden solcher Flächen spielt. Da diese Böden aufgrund ihres hohen Versiegelungsgrads keine Leistungsfähigkeit zur Infiltration und Versickerung des Wassers aufweisen, sind sie vom Wasserkreislauf in Stadtgebieten ausgeschlossen und werden somit gesondert bewertet.

Fachlichkeit des Parameters

Obwohl die „Infiltrationskapazität“ von der Gründigkeit und dem Wassergehalt eines Bodens beeinflusst wird, ist sie letztlich durch seine gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) begrenzt, denn Standorte, die gute Durchlässigkeit aufweisen, vermögen ausreichend Wasser aufzunehmen (MEUSER, 2008, HILLEL, 1980 in: PREETZ, 2003). Daher hängt vom kf-Wert ab, wieviel Wasser aus Niederschlagsmengen in den Boden einsickert und damit potentiell der Grundwasserneubildung zur Verfügung steht. „Grundwasserneubildung“ entsteht, wenn die Niederschlagsmenge, die in den Boden infiltriert und versickert, die Wasserspeicherkapazität eines Bodens übersteigt. Somit bestimmt die Speicherleistung, wieviel davon tatsächlich für die Grundwasserneubildung zur Verfügung steht, nachdem der Bodenwasserspeicher aufgefüllt ist (MEUSER, 2008). Das „Wasserspeichervermögen“, das sich konventionell am besten über die nutzbare Feldkapazität erfassen lässt, wird daher häufig als

der entscheidende bodenbürtige Faktor der Grundwasserneubildung angesehen und zu dessen Bewertung herangezogen. Da die Luftkapazität, die dem Volumen der schnell dränenden Grobporen ($> 50 \mu\text{m}$) entspricht, den Luftgehalt beim Wassergehalt der Feldkapazität dargestellt, fließt sie auch als ein relevanter Parameter in die Bewertung des Wasserspeichervermögens ein. Dementsprechend berücksichtigt diese Methode die bewertungsrelevanten Wasserhaushaltsparameter nFK, LK und kf-Wert, die mit Hilfe der bodenkundlichen Basisparameter (z.B. nach KA5) abgeleitet werden können. Die Basisparameter zur Ableitung der komplexen Parameter nFK, LK und kf-Wert sind hier erforderlich. Sind plausible Laborwerte (Messwerte) verfügbar, sollen diese verwendet werden. Es ist zu beachten, dass hier die Verdichtung implizit bei der Ableitung der komplexen Parameter berücksichtigt wird.

Vollständigkeit

Die wichtigsten Teilaspekten des Wasserkreislaufs „Aufnahmevermögen (Infiltrationsvermögen) von Niederschlagswasser und somit die Abflussverzögerung bzw. -verminderung (Speicherleistung)“ sowie „Grundwasserneubildung“ sind mit dem formulierten Kriterium aufgezeigt und umfassend prüfbar.

Fachliche Richtigkeit (Verknüpfungsregeln)

Die Verknüpfungsregeln zur Bewertung der Teilfunktion „Bestandteil des Wasserkreislaufs“ sind auf der Grundlage der einfachen Verknüpfung messbarer Bodeneigenschaften (bodenkundliche Parametersatz) aufgebaut. Zunächst werden die Parameter nFK und LK zur Wertzahl des Wasserspeichervermögens, und der Parameter kf-Wert zur Wertzahl des Infiltrationsvermögens eingestuft, anschließend werden die beiden Wertzahlen zur Wertstufe für die Teilfunktion verknüpft. Dies garantiert die plausible und richtig abgestufte Differenzierung der zu bewertenden Böden. Die Bewertung berücksichtigt auch teilweise die Nutzung bei anthropogen überformte Böden. Dabei fließt der Parameter Nutzung vor allem bei der Wertstufe 5 in die Bewertung ein.

Reproduzierbarkeit, Transparenz

Die Bewertungsprozedur ist transparent und weist eine gute Reproduzierbarkeit auf, so dass alle verwendeten Parameter nFK, LK und kf-Wert auf der Grundlage der Hilfsparameter (Basisparameter, z.B. Lagerungsdichte, Bodenart etc.) anhand bestimmter Methoden (z.B. KA5) abgeleitet werden können. Außerdem ist die Bewertung durch die gutachterliche Beurteilung klar definiert.

Prognosefähigkeit

Da die Methode sich nach den relevanten Wasserhaushaltsinformationen richtet, ist die Prognosefähigkeit prinzipiell gegeben. Außerdem kann in Abhängigkeit von Infiltrations- und Versickerungsvermögen eine genaue Prognosebewertung erfolgen und somit bietet die Methode gute Aussagen hinsichtlich der zu prüfenden Kriterien. In diesem Zusammenhang weisen z.B. die Böden beim größeren Infiltrations- und Versickerungsvermögen einen geringen Oberflächenabfluss, eine geringe Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Hochwassern, Erosionserscheinungen, Gewässerverunreinigung und der größeren Sicherstellung der Grundwasser- und damit auch Trinkwassernachlieferung auf.

Aktualität und Flexibilität

Da die Bewertungsmethodik auf der Grundlage messbarer Bodeninformationen und teilweise der Flächennutzung erfolgt, kann sich die Methode insbesondere bei der Veränderung der Nutzung (z.B. Versiegelungsgrad) und des anthropogenen Einflusses (z.B. Verdichtung) am aktuellen Wissenstand orientieren. Außerdem ist die Bewertungsmethodik flexibel, unterschiedliche quantitative Aspekte für den Wasserhaushalt wie Aufnahmevermögen (Infiltrationsvermögen), Abflussverzögerung bzw. -verminderung des Niederschlagswassers, Wasserspeicher- oder Retentionsfähigkeit und Versickerungsvermögen in Abhängigkeit von Bodeninformationen zu bewerten.

Anwendbarkeit (Praktikabilität)

Die Methode ist praktikabel, da die Ableitung der verwendeten bewertungsrelevanten Wasserhaushaltsparameter aus den Basisparametern, die oft flächendeckend anhand der Bodenkartierungen oder Datenschätzungen verfügbar sind, problemlos ist.

Allgemeine Gültigkeit

Die Methode lässt sich im Grundsatz allgemein auf alle Bodenflächen einschließlich der versiegelten Flächen in dicht besiedelten Gebieten anwenden.

10.2.2.2 Boden als Bestandteil des Nährstoffkreislaufs (BNH2)

Zur Erfüllung dieser Funktion muss die Prozedur zur Bewertung des Nährstoffkreislaufs von Böden berücksichtigen, welche Vegetation sich unter natürlichen Bedingungen auf einem Boden entwickelt bzw. wie gut er für die Forstwirtschaft und für eine ressourcensparende Landwirtschaft geeignet ist. Die Bedeutung eines Bodens in den Nährstoffkreisläufen wird daher nach der Fähigkeit eines Bodens zur Versorgung mit Nährstoffen in Abhängigkeit von der Wasserversorgung beurteilt.

Die Bewertung der „Fähigkeit des Bodens zur Wasser- und Nährstoffabgabe an die Pflanzen“ stellt das Potential von Böden für eine Eignung zur landwirtschaftlichen und/oder gartenbaulichen Nutzung und Produktion dar. Somit stellt hier die Prozedur zur Bewertung des Nährstoffkreislaufs des Bodens die natürliche Fruchtbarkeit von Böden in den Mittelpunkt. Dementsprechend ist die Bewertung der Eignung von Böden auf eine forstliche Nutzung und landwirtschaftliche Nutzung zugeschnitten. Da das auf die Fähigkeit von Böden zur Versorgung mit Nährstoffen abzielt, basiert dementsprechend die Bewertung auf der Kapazität des Feinbodenmaterials zum Binden austauschbarer Kationen und der Fähigkeit des Bodens zur Wasserversorgung in der Flachwurzelzone (hier 0 - 3 dm). In diesem Zusammenhang werden Böden mit hoher Nährstoffversorgung und Wasserversorgung als hochwertig eingestuft. Dabei sind Böden, die als hoch bis sehr hoch hinsichtlich ihrer Nährstoff- und Wasserversorgung bewertet werden, als Standorte für Bäume in Parkanlagen und Kleingartenflächen oder für Trittrasen in Stadtgebieten sowie als Ackerflächen und Wiesen in Stadtrandgebieten gut geeignet.

Kriterium

Fähigkeit des Bodens zur Wasser- und Nährstoffabgabe an die Pflanzen (natürliche Bedingungen)

Eingangsparameter

- Bodenkundliche Verknüpfungsparameter: nutzbare Feldkapazität (nFK) für den Oberboden (0-3 dm), austauschbar gebundene Kationen (S-Wert) des Feinbodenmaterials im Oberboden
- Bodenkundliche Basisparameter: Bodenart, Trockenrohdichte, Gehalt an Grobbodengehalt/ Feinbodengehalt, Humusgehalt, Horizontierung (Horizontmächtigkeit), (Flurabstand)

Beschreibung der Methode

Die Bewertung des Kriteriums „Nährstoffversorgung des Oberbodens“ leitet sich aus der Menge der austauschbaren Kationen (S-Wert) des Feinbodenmaterials für den Oberboden (0-3 dm) ab. In der Tab. 46 sind die Bewertung und die Stufen der Nährstoffversorgung aufgeführt.

Tab. 46: Bewertung des Kriteriums „Nährstoffversorgung“ anhand der Menge von austauschbar gebundenen Kationen (S-Wert) des Feinbodenmaterials [mol/ m²] für den Oberboden (0-3 dm)

Menge an S-Wert [mol/ m ²]	Bewertung des S-Werts		Bewertung der Nährstoffversorgung (0-3 dm)	
	Bezeichnung	Wertzahl	Bezeichnung	Wertzahl
< 25	sehr gering	1	sehr nährstoffarm	1
25 - 50	gering	2	nährstoffarm	2
51 - 100	mittel	3	mittel	3
101 - 200	hoch	4	nährstoffreich	4
> 200	sehr hoch	5	sehr nährstoffreich	5

Die Bewertung des Kriteriums „Wasserversorgung des Oberbodens“ leitet sich aus den Stufen der nutzbaren Feldkapazität der Flachwurzelzone (obere 30 cm) ab und ist der Tab. 47 zu entnehmen.

Tab. 47: Bewertung des Kriteriums „Wasserversorgung“ anhand der nutzbaren Feldkapazität (mm) für den Oberboden (0-3 dm) (Flachwurzelzone)

nFK [mm] in der Flachwurzelzone	Bewertung der nFK in der Flachwurzelzone		Bewertung der Wasserversorgung des Oberbodens (0-3 dm)	
	Bezeichnung	Wertzahl	Bezeichnung	Wertzahl
< 20 mm	sehr gering	1	sehr gering	1
20 - < 40 mm	gering	2	gering	2
40 - < 80 mm	mittel	3	mittel	3
80 - < 110 mm	hoch	4	hoch	4
> = 110 mm	sehr hoch	5	sehr hoch	5

Die Bewertung der Teilfunktion „Boden als Bestandteil des Nährstoffkreislaufs“ erfolgt für jeden Bohrpunkt und ergibt sich aus der Summe der Wertzahlen für die Bewertungen der Kriterien „Wasserversorgung“ und „Nährstoffspeicherversorgung“ (Tab. 48)

Tab. 48: Wertstufenzuordnung für die Bewertung der Teilfunktion „Boden als Bestandteil des Nährstoffkreislaufs“ anhand der Summe der Wertzahlen für die Bewertungen „Wasserversorgung“ und „Nährstoffversorgung“ (Kriterium „Fähigkeit des Bodens zur Wasser- und Nährstoffabgabe an die Pflanzen“ (landwirtschaftliche und gartenbauliche Kulturpflanzen))

	Wertstufe für Teilfunktion „Boden als Bestandteil des Nährstoffkreislaufs“				
	1	2	3	4	5
Summe der Wertzahlen für Bewertungen der Kriterien „Wasserversorgung“ und „Nährstoffversorgung“ des Oberbodens (0-30 dm)	10	8 und 9	6 und 7	4 und 5	2 und 3

Diskussion der Methode

Rechtsbezug

Die Teilfunktion „Boden als Bestandteil des Nährstoffkreislaufs“ entlehnt sich in ihrer umfassenden Formulierung direkt dem Gesetzestext BBodSchG, aber diese Formulierung gibt einen weiten Raum für die Definition von Prüfkriterien dieser Teilfunktion. Dennoch kann ein deutliches Kriterium zur Bewertung des Nährstoffkreislaufs im Rahmen der intensiven Wechselwirkung zwischen Boden und Vegetation gebildet werden: Die Pflanzen nehmen die Nährstoffe aus der Bodenlösung auf und wandeln sie in die Biomasse um. Diese wird als tote Biomasse (Wurzelreste bzw. Streu) von den Bodentieren und Bakterien sowie Pilzen (Destruenten) aufgenommen und wieder in ihre anorganischen Ausgangssubstanzen zerlegt. Durch diese Remineralisierung des organischen Materials werden den im Boden wurzelnden Pflanzen lebenswichtige mineralische Nährstoffe wieder zur Verfügung gestellt und der Nährstoffkreislauf geschlossen.

Aus der obigen Erläuterungen ist klar, dass das Kriterium „Nährstoffversorgung“, das sich aus dem Nährstoffvorrat und dem Nährstoffumsatz von Böden ergibt und von der Wasserversorgung abhängig ist, eine umfassende Bewertung der Teilfunktion „Boden als Bestandteil des Nährstoffkreislaufs“ garantieren kann. Außerdem ist bezugnehmend auf die Grundsätze des Gesetzes der Rechtsbezug gewährleistet. Der Rechtsbezug ist somit mit der Berücksichtigung der Fähigkeit zur Wasser- und Nährstoffabgabe an die Pflanzen im Oberboden ausreichend gegeben.

Fachlichkeit des Parameters

Die Bewertung dieser Teilfunktion unter natürlichen Bedingungen ist abhängig von den physikochemischen Eigenschaften der Böden und spiegelt somit die reguläre Wasser- und Nährstoffversorgung der Böden wider.

Die Leistungsfähigkeit des Bodens, den Pflanzen Nährstoffe für deren Wachstum zur Verfügung zu stellen, hängt entscheidend von dem Mineralgehalt (dem Gehalt an Nährstoffen) und der Kationenaustauschkapazität (KAK) des Bodens ab. Dies ist die Fähigkeit des Bodens, die als Kationen vorliegenden Nährstoffe aus dem Wasserhaushalt zu speichern und sie an die Pflanzen abzugeben. Nährstoffgehalt und Kationenaustauschkapazität sind dementsprechend sehr wichtige Merkmale sowohl der organischen als auch der anorganischen, mineralischen Bestandteile des Bodens. Z.B. kann eine mächtige humusreiche Schicht einen hohen Gehalt an Pflanzennährstoffen (N, P, K, Ca und Mg) liefern. Diese stehen wiederum in engem Zusammenhang mit den pH-Werten des Bodens. Da im Einzelfall je nach Art der ausgetauschten Kationen Abweichungen der getroffenen Aussagen möglich sind, basiert daher die Bewertung auf der Gesamtmenge der aktuell verfügbaren Nährstoffe in Form von basischen Kationen (Ca, Mg, K, Na = S-Wert) in der Bodenlösung. Die Menge der basisch wirkenden austauschbaren Ionen (S-Wert) für den Oberboden (0-3 dm) als Eingangsparameter kann anhand der effektive Kationenaustauschkapazität ($KAK_{eff.}$) und der Basensättigung (BS) unter Einbeziehung der Lagerungsdichte und des Grobbodenanteils berechnet werden (vgl. Tab. 22). Falls vorhanden, sind die Ergebnisse von Laboranalysen zu verwenden.

Feinkörnige Böden können wesentlich mehr Wasser speichern als grobkörnige Böden und somit fließt aus den größeren Poren das Wasser in Folge der Schwerkraft schnell ab, versickert rascher und steht

nicht für die Wasserversorgung der Pflanzen zur Verfügung steht. Da die nFK, die von der Bodenart und der Lagerungsdichte, dem Humusgehalt, dem Steingehalt und von dem Abstand zum Grundwasser abhängig ist, das pflanzenverfügbare Wasser unter natürlichen Bedingungen darstellt, ist daher die durchschnittliche nFK in einer Flachwurzelzone (0-3 dm) ein geeigneter Parameter für eine nutzungsunabhängige Bewertung der Wasserversorgung.

Vollständigkeit

Das formulierte Kriterium, das eine umfassende Bewertung der Leistungsfähigkeit von Böden zur Nährstoffabgabe an die Pflanzen aus Bodenwasserhaushalt garantiert, beschreibt die Teilfunktion vollständig.

Fachliche Richtigkeit (Verknüpfungsregeln)

Die in dieser Methode festgelegten Verknüpfungsregeln, die einfach aufgebaut sind, garantieren eine richtig abgestufte Differenzierung der Böden. Dabei werden die bodenkundlichen Verknüpfungsparameter „nutzbare Feldkapazität“ (nFK) und „austauschbar gebundene Kationen“ (S-Wert) für Oberboden in zwei Tabellen unter Berücksichtigung der genauen Erkenntnisse über die tatsächliche Begrenzung der Wasserversorgung und Nährstoffversorgung eingestuft. Dann werden die Wertstufen für die Bewertung dieser Teilfunktion anhand der Summe der Wertzahlen dieser Verknüpfungsparameter in einer Tabelle zugeordnet.

Reproduzierbarkeit, Transparenz

Die Methode gestattet es, auf einfache Weise die Wertstufen aus den Basisdaten zu reproduzieren. Außerdem wird die Bewertungsmethodik transparent dargestellt.

Prognosefähigkeit

Die in die Bewertung dieser Teilfunktion einfließenden Parameter lassen sich gut prognostizieren, wenn die Details der geplanten Maßnahmen aus planerischen Notwendigkeiten bekannt sind. So weisen z.B. die Böden bei erhöhten anthropogenen Einträgen von Schlacken, Schlämmen und Aschen (Zunahme der Feinbodenmaterialien) eine höhere potentielle Kationenaustauschkapazität als bei den Einträgen von Bau- und Brandschutt auf.

Anwendbarkeit (Praktikabilität)

Die Methode ist praktikabel, da sie die wichtigsten Verknüpfungsparameter verwendet, die aus den Mess- und/oder Schätzwerten der häufig verfügbaren Basisparameter abgeleitet werden können.

Allgemeine Gültigkeit

Die Methode ist für alle Bodenzustände (Flächennutzungen) in Stadträumen anwendbar, da die wichtigsten bewertungsrelevanten Einflussgrößen der Nährstoffversorgung aus dem Bodenwasserhaushalt, die für alle Bodenflächen ableitbar sind, berücksichtigt werden.

10.2.3 Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere zum Schutz des Grundwassers (AAA) (BBodSchG § 2, Abs. 2, 1c)

Böden stellen aufgrund ihrer Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften ein natürliches Reinigungssystem dar. Dabei können die Tonminerale und die organischen Substanzen von Böden aus der Luft oder durch Niederschlagswasser eingetragene Schadstoffe langfristig binden, zurückhalten, abbauen oder umwandeln und somit ihre potenzielle toxische Wirkung auf Lebewesen auf Grund ihrer geringen Verfügbarkeit minimieren und deren Verlagerung in tiefere Bereiche des Untergrunds zu verhindern. Somit können Böden in mehr oder weniger hohem Maß eingetragene Schadstoffe unschädlich machen oder aus dem Stoffkreislauf des Ökosystems entfernen.

Unter der **Filtereigenschaft** eines Bodens versteht man die Fähigkeit, gelöste oder suspendierte Stoffe von ihrem Transportmittel zu trennen und zu binden. Die Leistung hängt von mechanischen und physiko-chemischen Filtereigenschaften des Bodens ab (AD-HOC-AG BODEN, 2005, S. 362). Neben Wasserdurchlässigkeit, Infiltrationsrate und Kationenaustauschkapazität ist auch die Mächtigkeit der durchströmten Schicht von Bedeutung. Die Filterleistung nimmt ab, je stärker die Leitbahnen mit herausgefilterten Substanzen gefüllt sind. Auch feinste Partikel können je nach Bodenart herausgefiltert werden und somit nicht in grundwasserführende Schichten vordringen. Eine hohe mechanische Filterleistung ist in der Regel von lockeren, humosen, leicht lehmig bis schluffigen Sandböden zu erwarten. Schluff- und tonreiche dichte Böden sowie humusarme Schotter sind durch eine geringere Filterleistung gekennzeichnet (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 2002, S. 365; BLUME, 2004, S. 127).

Die **Pufferwirkung** der Böden bewirkt, dass gasförmige oder gelöste Stoffe durch Adsorption an Bodenaustauscher gebunden oder durch bodeneigene Substanzen chemisch gefällt und somit weitgehend immobilisiert werden. In Abhängigkeit vom pH-Wert sind diese Vorgänge reversibel und Schad- oder Nährstoffe können wieder in die Bodenlösung gelangen. Als Bodenaustauscher fungieren Stoffe mit einer großen spezifischen Oberfläche, vor allem Tonminerale, Metalloxide sowie Huminstoffe. Eine hohe Pufferkapazität ist deshalb in der Regel in Böden mit einem hohen Gehalt an organischen Substanzen, Tonmineralen und Sesquioxiden zu erwarten (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 2002, S. 365 ff).

Die **Transformationswirkung** der Böden wird durch Mikroorganismen bestimmt. Sie wandeln feste organische und anorganische Abfall- und Schadstoffe durch mikrobielle Tätigkeiten zu Stoffen anderer Aggregatzustände und anderer chemischer Zusammensetzung um. Die neu entstandenen gasförmigen, gelösten oder festen Stoffe besitzen meist keine Schädwirkung mehr (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 2002, S. 366).

Da die Böden unterschiedliche Leistungen hinsichtlich der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften von Schadstoffen und der Puffereigenschaften von Säuren aufweisen (z.B. ist der Abbau von Schwermetallen nicht möglich im Gegensatz zu den organischen Stoffen), ist eine Untergliederung dieser Funktion notwendig. Dabei wird die Bewertung der Bodenleistungen „Filterung- und Pufferung und Stoffumwandlung“ in vier Teilfunktionen durchgeführt.

Obwohl die anderen Teilfunktionen sich auf den Schutz des Grundwassers auswirken, enthält das neue Berliner Bewertungsverfahren auch eine eigene Schutzfunktion für Grundwasser. Diese Teilfunktion bewertet den Aspekt der Qualität der Grundwasserspende und sie ist somit besonders relevant, wenn das Grundwasser als Trinkwasserressource in Stadtgebieten dient.

10.2.3.1 Boden als Filter und Puffer für anorganische sorbierbare Schadstoffe (Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen) (AAA1)

Durch Produktions- und Anbaumethoden sowie Lebens- und Konsumgewohnheiten werden immer stärker anorganische und organische Schadstoffe in die Ökosphäre eingebracht. Diese Stoffe können als gasförmige, flüssige und staubförmige Stoffe zu einer Kontamination des Bodens führen und dadurch Menschen, Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen beeinflussen oder sogar schädigen. Die Quellen der Kontaminationen sind sehr verschieden. Verursacht werden sie durch atmosphärische Immissionen, industrielle Emissionen, Industrieunfälle, direktes Ausbringen von Bioziden und Streusalzen, schadhafte Leitungen und die Lagerung und Verteilung von Abfällen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 2002). Im Speziellen stellen Schwermetalle und andere anorganische Schadstoffe, die nicht abbaubar sind, das größte Risiko des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen mit schädlichen Anreicherungen dieser Schadstoffe dar. Dabei wird das sensible Gleichgewicht zwischen den physikalischen, chemischen und biologischen Vorgängen im Boden und somit die Bodenfunktionen erheblich beeinträchtigt.

Die anorganischen Schadstoffe (Schwermetalle) können im Boden in unterschiedlichem Maß an die Komponenten der Bodenmatrix über verschiedene abiotische Mechanismen in Abhängigkeit von den Schwermetallgehalten und den unterschiedlichen Bindungsstärken der verschiedenen Schwermetalle gebunden werden. Am häufigsten werden anorganische Schadstoffe aber durch Kationenaustausch festgelegt. Hierbei ist die Sorption der wichtigste abiotische Festlegungsmechanismus von anorganischen Schadstoffen im Boden. Die Stoffe werden bevorzugt von Tonmineralen, Zeolithen, organischen Substanzen, Eisen-, Aluminium- und Manganhydroxiden mikrobiellen Schleimen, Pflanzen oder Mikroorganismen aufgenommen³² (STUMM & MORGAN, 1996; MATTHEB, 1990 in: SAVRIC, 2001).

Diese Bodenfunktion ist besonders in urbanen Räumen von großer Bedeutung, da anorganische Schadstoffe, vor allem die aus anthropogenen Aktivitäten (wie Verkehrsemissionen und industrielle Prozesse in urbanen Gebieten) stammenden „Schwermetalle“, in die Bodenmatrix eingelagert werden. Gleichzeitig sind Städte Agglomerationen von sensiblen Organismen wie dem Menschen, die durch nicht vom Boden aufgenommen Schwermetallen beeinträchtigt werden können, wenn diese mit dem Staub in die Atmungsorgane gelangen (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT, 2003; LEHMANN et al., 2006).

Die „Schwermetalle“, im Gegensatz zu organischen Schadstoffen, können nicht umgewandelt und abgebaut, sondern lediglich immobilisiert und dadurch dauerhaft dem stofflichen Kreislauf entzogen

³² Bei der Sorption wird zwischen Adsorption und Absorption unterschieden. Die Adsorption beschreibt die Bindung von Stoffen in flüssiger oder gasförmiger Phase an die Oberfläche fester Bodenbestandteile. Werden die flüssigen oder gasförmigen Stoffe in das Innere eines Bodenbestandteils aufgenommen, wird dies als Absorption bezeichnet. Der entgegen gesetzte Prozess ist die Abgabe eines Stoffes aus einer festen Matrix in freie Lösung oder den gasförmigen Zustand und wird als Desorption bezeichnet.

(Filterfunktion) oder darin zumindest zeitlich verlangsamt (Pufferfunktion) werden. Daher ist die Bewertung des Bodens als „Filter und Puffer für Schwermetalle“ anhand der relativen Bindungsstärke für Schwermetalle im Boden im Zusammenhang mit der potentiellen Gefährdung des Grundwassers an einem spezifischen Schwermetall (wie Cadmium) von großer Bedeutung. Die Bindung von Schwermetallen erfolgt durch Adsorption an Huminstoffe, Tonminerale oder Sesquioxide und die anschließende Bildung teils unlöslicher Verbindungen (z.B. Oxide, Hydroxide, Carbonate). Gleichzeitig ist sie stark vom pH-Wert abhängig, da bei höheren pH-Werten der Übertritt der Schwermetalle in die Bodenlösung erschwert wird. Deswegen wird bei der Entwicklung der Methode zur Bewertung des „Bodens als Filter und Puffer für Schwermetalle“ die relative Bindungsstärke von Schwermetallen und die potentielle Gefährdung des Grundwassers nach den Einflussgrößen „pH-Wert“, „Humusgehalte“ und „Feinbodgehalt“ abgeschätzt. Da diese Methode nicht nach der unterschiedlichen Mobilität der einzelnen Schwermetalle differenziert ist, reicht sie nicht zur Bewertung der schadstofflichen Belastungen aus. Sie dient lediglich zur Beurteilung der Beeinträchtigungen des Bodens durch die Schwermetalleinträge und durch Konzentrationen an Schwermetallen.

Kriterium

Fähigkeit des Bodens zur Bindung von Schwermetallen

Eingangsparameter

pH-Wert, Bodenart/Tongehalt, Humusgehalt oder Humusstufe, Horizontsymbol, -lage und -mächtigkeit, Skelettgehalt

Beschreibung der Methode

Die Bewertungsregel dieser Methode basiert auf den Bindungseigenschaften des Elements „Cadmium“ als eine „worst-case“ Betrachtung stellvertretend für weitere Schwermetalle wie Nickel, Kobalt, Zink, Chrom, Blei und Quecksilber. Die Bindungsstärke des Schwermetalls „Cadmium“ wird hier als Maß der Bindungsstärke für Schwermetalle verwendet, da Cadmium unter den verschiedensten Bedingungen das mobilste der Elemente ist und somit die Böden die geringste Bindungsfähigkeit besitzen. Dabei werden als hochwertig die Böden hinsichtlich ihrer Filter- und Pufferkapazität eingestuft, die eine hohe Bindungsstärke von Schwermetallen aufweisen.

Die Bewertung erfolgt bis 1 m Tiefe. Hierzu wird die relative Bindungsstärke des Bodens in Abhängigkeit vom pH-Wert für jeden Horizont bestimmt (Tab. 49). Zuschläge werden zu dem Ausgangswert der Bindungsstärke jeweils entsprechend den Humusgehalten und den Bodenarten/Tongehalten vergeben (Tab. 50).

Tab. 49: Bestimmung der relativen Bindungsstärke eines Bodenhorizonts für Schwermetalle (Cadmium) in Abhängigkeit vom pH-Wert

pH-Wert (CaCl ₂)									
< 2,8	2,8 - 3,2	3,3 - 3,7	3,8 - 4,2	4,3 - 4,7	4,8 - 5,2	5,3 - 5,7	5,8 - 6,2	6,3 - 6,7	>= 6,8
relative Bindungsstärke									
0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,5	4,0	4,5	5,0

Tab. 50: Zuschläge zur relativen Bindungsstärke eines Bodenhorizonts für Schwermetalle (Cadmium) in Abhängigkeit vom Humusgehalt und Tongehalt

Humusstufe (h)	Humusgehalt [Masse-%]	Zuschlag
h0, h1, h2	< 2 %	0
h3, h4	2 -< 8 %	0,5
h5	8 -< 15 %	1,0
h6	>= 15 %	1,5
Bodenart	Tongehalt [Masse-%]	Zuschlag
Ss, Su2, St2, Sl2, Sl3, Su3, Su4, Us, Uu, Ut2	< 12,5	0
St3, Sl4, Ut3, Ut4, Uls, Lu, Ls2, Ls3, Ls4, Tl, Ts2, Ts3, Ts4, Tu2, Tu3, Tu4, Lts, Lt2, Lt3, Tt	>= 12,5	0,5

Anschließend ergibt sich die relative Bindungsstärke für das Gesamtprofil (Bohrpunkt) aus dem Mittelwert der relativen Bindungsstärke der unterschiedlich mächtigen Horizonte. Diese relative Bindungsstärke für das Gesamtprofil wird nach der Tab. 51 in fünf Wertstufen eingeteilt. Ausnahme: die Moorböden erhalten pauschal die Wertstufe 5 „sehr schlecht“, da diese Böden trotz hoher Anteile organischer Substanz eine mögliche Bildung löslicher Komplexe von Schad- und Huminstoffen bei dem naturgegebenen niedrigen pH-Wertes (saures Bodenmilieu), dem geringen Tongehalt und entsprechender Gefährdung des Grundwassers aufweisen (Böden mit sehr geringer Filter- und Pufferkapazität für Schwermetalle).

Tab. 51: Wertstufenzuordnung für die Teilfunktion „Boden als Filter und Puffer für Schwermetalle (Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen)“ anhand der relativen Bindungsstärke (Kriterium: Fähigkeit des Bodens zur Bindung von Schwermetallen)

relative Bindungsstärke	>= 4,5	3,5 -< 4,5	2,5 -< 3,5	1,5 -< 2,5	< 1,5
Wertstufe	1	2	3	4	5

Diskussion der Methode

Rechtsbezug

Da Schwermetalle weder abgebaut noch umgewandelt werden und somit sich im Boden anreichern können, ist die Bewertung der Puffer- und Filterkapazität für Schwermetalle beschränkt auf die Fähigkeit des Bodens, über Sorptions- und Filtermechanismen Schwermetalle zu binden und deren Verlagerung in tiefere Bereiche des Untergrunds zu verhindern (Boden ist hier ein Ausgleichsmedium). Diese Eigenschaft des Bodens trägt wesentlich dazu bei, den Menschen und die Pflanze vor den Auswirkungen der Schadstoffe, hier im Speziellen der anorganischen Schadstoffe, zu schützen. Wenn Schwermetalle (wie Cadmium) an Austauschern (Tonminerale, Oxide) oder durch Bindung an organische Bodenbestandteile (Humus) gebunden werden, können sie nicht von Pflanzen aufgenommen oder unter entsprechenden Bedingungen ins Grundwasser verlagert werden. Dementsprechend trägt die Böden hinsichtlich ihrer Filter- und Puffereigenschaften entscheidend zum Schutz des Grundwassers, der Pflanzen und der Oberflächengewässer gegen Schwermetalle bei. Dabei tritt die Teilfunktion „Boden als Filter und Puffer für Schwermetalle“ mit dem formulierten Kriterium „Fähigkeit des Bodens zur Bindung von Schwermetallen“ als wichtige Bodenteilfunktion in der im BBodSchG genannten natürlichen Funktion „Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen...“ auf.

Fachlichkeit des Parameters

Die Bindung von Schwermetallen erfolgt im Boden durch Adsorption in flüssiger Phase an Austauscher (die Oberfläche fester Bodenbestandteile). Als Austauscher, an die angelagert wird, funktionieren dabei vor allem Tonminerale, Eisen-, Mangan- und Aluminiumoxide und -hydroxide sowie Huminstoffe. Diese Bindung von Schwermetallen unterliegt verschiedenen abiotischen Faktoren, die vor allem sind: Bindungseigenschaften des Bodens, löslichkeitsbestimmende Eigenschaften der Bodenlösung (pH-Wert, Redoxpotential³³) und der Art und Intensität der Perkolation³⁴ des Bodens. Die Fähigkeit eines Bodens, Schwermetalle zu binden, hängt also von der Bodenart, spezieller dem Tongehalt, dem pH-Wert, dem Gehalt an organischen und anorganischen Komplexbildnern, dem Gehalt an pedogenen Oxiden und Hydroxiden, dem Luft- und Wasserhaushalt und natürlich dem Gesamtgehalt des jeweiligen Schwermetalls im Boden ab. Die Methode berücksichtigt im Lauf der Bewertung die wesentlichen Parameter (Tongehalt, Humusgehalt, pH-Wert und Bodentiefe). Vor allem anhand dieser Parameter lässt sich die relative Bindungsstärke der Böden für die Schwermetalle hinsichtlich der Filter-, Puffereigenschaften eines Bodens bewerten. Außerdem berücksichtigt die Methode direkt die Eigenschaften der anorganischen Elemente, die durch Bewertung des leicht löslichen Elements dargestellt ist. Die Eigenschaften der (mobilen) einzelnen Schwermetalle, die Art und Intensität der Durchsickerung der Böden mit Wasser bleiben unberücksichtigt.

Vollständigkeit

Mit dem formulierten Kriterium ist die Teilfunktion umfassend prüfbar.

Fachliche Richtigkeit (Verknüpfungsregeln)

Die Verknüpfungsregeln zur Bewertung der Teilfunktion „Boden als Filter und Puffer für Schwermetalle“ sind, im Gegensatz der anderen Methoden, einfach gehalten. Zunächst wird die relative Bindungsstärke von Schwermetallen anhand des gemessenen pH-Wertes jedes Horizontes beurteilt. Zuschläge werden jeweils entsprechend den Humusgehalten und den Tongehalten zum Wert der relativen Bindungsstärke vergeben. Anschließend wird die relative Bindungsstärke als gewichtetes Mittel aller Horizonte auf eine Profiltiefe von einem Meter ermittelt und anhand einer Tabelle nach der fünfstufigen Skala eingestuft oder bewertet. Diese Verknüpfungsregeln sind einsehbar, so dass bei der Anwendung dieser Methode in den Testgebieten mit unterschiedlichen bodenkundlichen Flächeneigenschaften im Berliner Stadtgebiet eine plausible und richtig abgestuften Differenzierung der Bindungsstärke der Schwermetalle in dem definierten Bodenabschnitt erzielt wird.

Reproduzierbarkeit, Transparenz

Die Methode ist gut reproduzierbar, aber für gutachterliche Einschätzung ist kaum ein Spielraum vorhanden. Die Transparenz der Methode hinsichtlich der Verknüpfungsregeln und Ableitung der Parameter ist gut gegeben.

³³ Der pH-Wert und die Redoxbedingungen als Maß für die Schwermetalladsorption haben einen großen Einfluss auf die Schwermetalllöslichkeit. Dabei kommt es mit abnehmendem pH-Wert zur Mobilisierung von Schwermetallen. Diese setzt zwischen einem pH-Wert von < 6,5 für Cadmium und < 4 für Blei ein (Katzer, 2002).

³⁴ Das Durchfließen von Wasser durch ein festes Substrat des Bodens.

Prognosefähigkeit

Die Methode lässt sich mit notwendigen prognostizieren Eingangsparameter (Tongehalt, Humusgehalt, pH-Wert, Eisenoxidgehalt) anwenden. Diese Parameter lassen sich wiederum gut prognostizieren, wenn die Veränderungen der Bodeneigenschaften durch vielfältige menschliche Aktivitäten (z.B. industrielle Prozesse und Verkehr oder die Verwendung von Mineraldüngern) bekannt sind.

Anwendbarkeit (Praktikabilität)

Die Methode ist praktikabel; sie wird durch die Bewertung für das Schwermetall Cadmium, das die worst case-Betrachtung für die weiteren Schwermetalle darstellt, durchgeführt. Somit sind die Anwendung der Methodik und die Ermittlung der Bewertungsergebnisse ohne großen Aufwand möglich.

Allgemeine Gültigkeit

Die Methode kann auf alle Bodenzustände (Flächennutzungen) in den Stadtgebieten angewendet werden, aber sie bedingt Eingangsparameter für jeden Horizont durch Geländekartierungen.

10.2.3.2 Boden als Filter und Puffer für organische Schadstoffe (Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen) (AAA2)

Böden haben hinsichtlich der Filter- und Puffereigenschaft (Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen) die Fähigkeit, gelöste oder suspendierte organischen Schadstoffe von ihrem Transportmittel zu trennen und zu binden. Für die Bindung von organischen Schadstoffen weisen die organischen Substanzen sowie in geringem Maß die Tonminerale und Sesquioxide die stärkste Bedeutung auf (SCHEFFER, SCHACHTSCHABE, 2002), so dass diese Bodenkomponenten als Bodenaustauscher funktionieren und an ihrer großen spezifischen Oberfläche spezifische Adsorptionsvorgänge auftreten. Eine hohe Bindungsstärke ist deshalb in der Regel in Böden mit einem hohen Gehalt an Huminstoffen sowie Tonmineralen, Eisen-, Mangan- und Aluminiumoxiden und-hydroxiden zu erwarten. Der pH-Wert spielt im Boden hinsichtlich der Bindung von Schadstoffen eine bedeutende Rolle, da bei niedrigen pH-Werten manche wirksamen Austauschprozesse (Anionenaustausch) der dissoziierbaren organischen Stoffe (z.B. Pentachlorphenol) stattfinden (SAVRIC, 2001). In diesem Zusammenhang nimmt die Pufferung anionischer Stoffe mit abnehmenden pH-Wert zu.

Die Beeinträchtigung der Bindungsfähigkeit des Bodens anhand der ungünstigen Änderungen der Bodeneigenschaften erhöht die mobilen Anteile der organischen Schadstoffe im Boden. Dementsprechend übersteigt die Schadstoffbelastung das Bindungsvermögen des Bodens, so besteht die Gefahr, dass Verbindungen von organischen Schadstoffen mit dem Sickerwasser ins Grundwasser unter entsprechenden Bedingungen verlagert werden. Somit kann eine Gefährdung des Grundwassers sowie des natürlichen Ökosystems Boden die Folge sein. Dementsprechend ist die Bindungsfähigkeit des Bodens verantwortlich, den Eintrag der Elemente ins Grundwasser zu verhindern.

Das Verhalten von organischen Stoffen³⁵ im Boden ist sehr komplex, so dass allgemeine Aussagen bezüglich ihrer Mobilität nur begrenzt möglich sind (KATZER, 2002). Daher können keine allgemeingültigen Aussagen über absolute Mengen von organischen Schadstoffen und über zu bewertende Böden, die jeweils den mobilen Anteil der organischen Schadstoffe aufnehmen, gemacht werden. In diesem Zusammenhang kann aber eine relative Bewertung für die organische Schadstoffe hinsichtlich der Bindungsfähigkeit durchgeführt werden.

Untersuchungen unterschiedlicher Böden zur Bindungsfähigkeit der vielen organischen Schadstoffe haben deutlich gemacht, dass die Bindungsfähigkeit mit Zunahme der Menge an organischer Substanz (Humus) und des Tongehalts ansteigt. Daher ist das Bindungsvermögen für organische Schadstoffe ein geeignetes Kriterium zur Bewertung der bodenspezifischen Potentiale hinsichtlich ihrer Funktion als Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen (organische Schadstoffe). Dabei beschreibt dieses Kriterium die Fähigkeit des Bodens, organische Schadstoffe langfristig im Boden zu binden.

Kriterium

Fähigkeit des Bodens zur Bindung von organischen Schadstoffen

Eingangsparameter

Bodenart, Humusgehaltsklasse, Horizontsymbol, -lage und -mächtigkeit, Zersetzungsstufe bei Torfen, Skelettgehalt (Grobboden)

Beschreibung der Methode

Die Methode zielt sich auf die Fähigkeit von Böden zur Bindung von organischen Schadstoffen ab. Dementsprechend basiert die Bewertung horizontweise auf den Parametern Humusgehalt, Auflagehorizont und Zersetzungsstufe von Humus sowie Bodenart. Die Bewertung erfolgt für jeden Bohr- oder Profilpunkt bis 1 m Tiefe. Hierzu werden die nachfolgend aufgeführten Schritte zunächst für jeden Horizont einzeln durchgeführt:

- 1) In Abhängigkeit vom Humusgehalt, Auflagehorizont und ggf. Zersetzungsstufe wird aus Tab. 52 der H-Wert bestimmt.
- 2) In Abhängigkeit von der Bodenart wird aus Tab.53 der T-Wert ermittelt.
- 3) H- und T-Wert werden zur Bindungsstärke BS_{OS} addiert. Sollte die Summe einen Wert über 5 ergeben, so ist die Bindungsstärke gleich 5 zu setzen.
- 4) Die Bindungsstärke des Horizonts für organische Schadstoffe ergibt sich nach Gleichung 5 aus dem BS_{OS} -Wert, der Mächtigkeit (M_{Hor}) und dem Skelettgehalt in Vol-% (SK).

Die Wertstufe (WS) der Bindungsstärke für organische Schadstoffe ergibt sich schließlich bis 1 m Profilmächtigkeit als gesamte Bindungsstärke für das Profil nach Gleichung 6. Wertstufen < 1 werden mit Wertstufe 1 gleichgesetzt. Wertstufen größer 5 werden mit 5 gleichgesetzt.

Tab. 52: Bestimmung des H-Wertes (Bindungsstufe in Abhängigkeit von der organischen Substanz)

³⁵ Bekannte organische Stoffgruppen sind Dioxine und Furane, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und polychlorierte Biphenyle (PCB). Das Verhalten dieser Stoffe ist im Boden komplex und von der Wasserlöslichkeit, der Affinität zur organischen Bodensubstanz und der mikrobiellen Abbaubarkeit abhängig. Daher weisen diese Stoffe sehr unterschiedliche Eigenschaften im Boden auf (Bayerisches Landesamt für Umwelt und Bayerisches Geologisches Landesamt, 2003).

Humusstufe (h)	Humusgehalt (%)	Zersetzungsstufe (z) bei Torfen	Horizont	H-Wert
0	0	-	-	0
1	< 1	-	-	0,6
2	> 1 - 2	-	-	1,3
3	> 2 - 4	-	-	2,0
4	> 4 - 8	-	-	2,6
5	> 8 - 15	-	-	3,3
6	> 15 - 30	-	-	4,0
7	> 30	4 u. 5	H, Oh	4,0
7	> 30	3	H, Of	3,3
7	> 30	2 u. 1	H, Ol	2,6

Tab. 53: Bestimmung des T-Wertes (Bindungsstufe in Abhängigkeit von der Bodenart)

Bodenart	T-Wert
X, G, Gr, gS, mSgs	0
mS, fS, Su2, fSms, mSfs	0,8
Su3, Sl2, Su4, St2, Sl3, Sl4, Us, Slu, St3	1,6
Uu, Ut2, Ls4, Ls2, Lu, Ls3, Ut3, Ut4, Lt2, Uls	2,4
Lts, Ts3, Tu4, Lt3, Ts4, Tu3, Ts2, Tu2, Tl	3,2
Tt	4,0

$$BS_{OSHor} = BS_{OS} * M_{Hor} * (100 - GB) / 100 \quad (\text{Gleichung 5})$$

$$WS = 6 - \sum BS_{OSHor} \quad (\text{Gleichung 6})$$

mit BS_{OSHor} = horizontgewichtete Bindungsstärke für organische Schadstoffe
 BS_{OS} = Bindungsstärke für organische Schadstoffe, Summe aus H- und T-Wert
 M_{Hor} = Horizontmächtigkeit in m innerhalb der Bodentiefe 0 bis 1 m
 GB = Grobbodenanteil in Vol-%
 WS = Wertstufe

Diskussion der Methode

Rechtsbezug

Im Sinn des BBodSchG sollen Beeinträchtigungen der Funktionen des Bodens soweit wie möglich vermieden werden. Damit wurde Vorsorge getroffen zum Schutz des Bodens gegen eine bewusste Kontamination mit schlecht abbaubaren organischen oder kaum auswaschbaren anorganischen Schadstoffen. Dabei weisen Böden auch die Fähigkeiten auf, organische Schadstoffe zu binden, so dass sie je nach Schadstoffart und Eigenschaft der Böden diese mehr oder weniger aus dem Stoffkreislauf des Ökosystems entfernen und/oder den Transport dieser Stoffe in andere Umweltkompartimente zumindest verzögern. Die organischen Schadstoffe, im Unterschied zu Schwermetallen, können durch mikrobielle Tätigkeiten im Boden abgebaut und/oder zu Stoffen anderer Aggregatzustände und anderer chemischer Zusammensetzung umgewandelt sowie an unbelebte Substanz gebunden werden. Es erscheint deswegen auch zweckmäßig, die Filter- und Pufferfunktion von organischen Schadstoffen in zwei Teilfunktionen zugliedern und zu bewerten. Da das Verhalten organischer Stoffe bezüglich ihrer Bindung, ihrer Mobilität und ihres mikrobiellen Abbaus den komplexen Prozesse unterliegt und somit Aussagen bezüglich ihrer Belastung mit einer organischen Substanz begrenzt möglich sind, kann eine relative Bewertung auf Grundlage der Bindungsfähigkeit des Bodens durchgeführt werden. Außerdem ermöglicht diese Bewertung eine normal verteilte Differenzierung der Wertstufen dieser Teilfunktion (räumlich differenzierte

Bewertung). In diesem Zusammenhang ergibt sich das Kriterium „Bindungsfähigkeit des Bodens von organischen Schadstoffen“ direkt aus dieser Teilfunktion, deren Formulierung sich eng am Gesetzestext orientiert.

Fachlichkeit des Parameters

Die Bindung von (organischen) Schadstoffen erfolgt durch Adsorption überwiegend an den Huminstoffen sowie in geringerem Maß an Tonmineralen und Eisen-, Mangan- und Aluminiumoxiden und -hydroxiden, die durch den pH-Werts des Bodens und durch das Redoxpotential beeinflusst wird. In diesem Zusammenhang können die veränderten Gewässerparameter (pH-Wert, Redoxpotential) das Löslichkeitsprodukt im Boden beeinflussen. Dabei berücksichtigt die Methode direkt die Parameter „Gehalt an organischer Substanz und Bodenart“. Der pH-Wert wird bei der Bewertung dieser Funktion nur indirekt berücksichtigt, so dass dieser Wert als „Mittelwert“ für einen organischen Schadstoff bei der Bestimmung der Bindungsstufen des Bodens in Abhängigkeit von der organischen Substanz und der Bodenart einfließt (Verwendung einer Modellsubstanz eines organischen Schadstoffs). Die Bewertung basiert auch auf der Menge an Feinbodenmaterial, in dem die Bindung stattfindet. Für die Bestimmung der Menge an Feinboden fließt in diesem Zusammenhang der Parameter Grobbodenanteil (Korndurchmesser > 2 mm) in die Bewertung ein. Das Redoxpotential eines Bodens, das die im Boden vorliegenden reduzierenden oder oxidierenden Verhältnisse bestimmt, wird aus methodischen Gründen nicht bei der Bewertung berücksichtigt.

Vollständigkeit

Mit dem formulierten Kriterium kann die Teilfunktion umfassend geprüft werden.

Fachliche Richtigkeit (Verknüpfungsregeln)

Die Methode, die dem Hamburger Verfahren angehört und für Berliner Böden leicht geändert wurde, lehnt sich an MÜLLER³⁶ 1997 an (MÜLLER in: HOCHFELD et al., 2003). Die Verknüpfungsregeln basieren auf einer tabellarischen Zuordnung verschiedener Bindungswerte (H- und T-Wert) in Abhängigkeit von dem Humusgehalt und der Bodenart, die addiert und unter Berücksichtigung des Grobbodenanteils für das gesamte Bodenprofil bis 1 m unter GOF berechnet werden³⁷. Dies garantiert die Differenzierungsfähigkeit der Methode für alle fünf Klassen (Wertstufen).

Reproduzierbarkeit, Transparenz

Die Methode ist gut reproduzierbar und gut dargestellt.

Prognosefähigkeit

Die Prognosefähigkeit dieser Methode basiert vor allem auf den notwendigen Parametern Humusgehalt und Bodenart. Diese Prognosefähigkeit ist im Prinzip gut gegeben, aber sie ist mehr oder weniger gut in von den geplanten Maßnahmen bzw. Änderungen abhängig.

Anwendbarkeit (Praktikabilität)

³⁶ Diese Methode ist eine vereinfachte Umsetzung der Methode der Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems „NIBIS“ zur Bewertung Teilfunktion „Bindung organischer Schadstoffe“ (Müller, 1997 in: Hochfeld et al., 2003).

³⁷ Die biologischen Aktivitäten sind in diesem Tiefenbereich am höchsten und viele Böden sind unter diesem Bereich zumindest zeitweise durch Grund- oder Stauwasser beeinflusst (Hochfeld et al., 2003).

Die Methode benötigt horizontbezogene Eingangsdaten, die meistens als Basisparameter der Bodenkartierung vorhanden sind, deswegen ist diese Methode praktisch anwendbar.

Allgemeine Gültigkeit

Die auf der Bodenkartierung basierende Methode ist für alle Bodenflächen in Stadträumen (Flächennutzungen) anwendbar.

10.2.3.3 Boden als Abbaumedium für stoffliche Einwirkungen (organische Schadstoffe) (AAA3)

Im Boden werden feste oder gelöste Substanzen so umgewandelt, dass sie in weniger toxische bzw. ungiftige Form abgebaut werden oder in gelöster bzw. gasförmiger Form den Pflanzen als Nährstoffe zur Verfügung stehen. Diese Transformation findet in erster Linie bei organischen Substanzen statt. Somit kann Boden anhand seiner Fähigkeit zur Umwandlung von organischen Substanzen verschiedene organische Schadstoffe, die durch Pflanzenwurzeln aufgenommen sowie in das Grundwasser verlagert werden, aus dem Stoffkreislauf entfernen und damit zum Schutz des Grundwassers beitragen. Die „Abbauleistung“ des Bodens von organischen Schadstoffen erfolgt unter Mitwirkung der Bodenorganismen (Mikroorganismen) im Laufe des Zersetzungsprozesses organischer Substanzen (wie z.B. pflanzliche Reste). Entscheidend dabei sind für den mikrobiellen Abbau optimale Lebensbedingungen für die (schadstoffabbauenden) Bodenorganismen (Mikroorganismen), die durch die Humusform, Humusgehalt, Art der Bodenmatrix, Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität und Durchlüftungstiefe beeinflusst werden³⁸. Aufgrund der Stoffumwandlungseigenschaften des Bodens ist seine Fähigkeit zum mikrobiellen Abbau organischer Substanzen ein geeignetes Kriterium zur Bewertung der Bodenteilfunktion „Abbaumedium für stoffliche Einwirkungen (organische Schadstoffe)“.

Kriterium

Fähigkeit zum mikrobiellen Abbau organischer Substanzen

Eingangsparameter

Humusform, Humusgehalt, Bodenart, Bodentyp, Substrat, Entwicklungstiefe des A-Horizontes (Horizontsymbol), pH-Wert, Skelett

Beschreibung der Methode

Die Methode unterscheidet bei der Bewertung der Transformationsfähigkeit von organischen Schadstoffen für Berliner Böden zwischen gehölzbestandenen Biotopen und Mooren sowie Standorten mit anthropogenen Böden. Grünland- und Brachbödenstandorte erhalten nach gutachterlicher Einschätzung pauschal die Wertstufe 2, bzw. 3 wenn der Deckungsgrad der Vegetation geringer 70 % liegt (z.B. bei Trockenrasen). Terrestrische Rohböden (Syrosem und Lockersyrosem) erhalten ohne humose Oberböden die Wertstufe 5.

a) Gehölzbestandene Biotope und Moore

³⁸ Diese Einflussgrößen, die für den Abbau von organischen Schadstoffen durch die Mikroorganismen entscheidend sind, werden in Abhängigkeit von dem Ziel der Teilfunktion in zwei Methoden berücksichtigt.

Die Einstufung des Profils erfolgt für jeden Profilpunkt, soweit Bohrpunktaten verwendet wurden, nach Tab. 54 anhand der Humusform des Standortes.

Tab. 54: Einstufung der mikrobiellen Abbauleistung für gehölzbestandene Biotope und Moore

Humusform	Wertstufe				
	1	2	3	4	5
aeromorph	L-Mull (MUT)	F-Mull (Of-Mull) (MUO)	Moder	Rohhumusartiger Moder (MR), Graswurzelfilzmoder (GMO)	Rohhumus (RO), Magerhumus (HMO), Streunutzungsrohhumus (SRO)
hydromorph	-	Feucht-Mull (MUF)	Feucht-Moder (MOF)	Feucht-Rohhumus (ROF)	-
Nasshumus	-	-	Anmoor (AMO)	-	-
Moore	-	Norm-Niedermoor oder Kalkniedermoor mit pH > 4,8	Norm-Niedermoor mit pH < 4,8	Übergangsniedermoor	Hochmoor

b) Standorte mit anthropogenen Böden

Die Einstufung erfolgt für jeden Profilpunkt, soweit Bohrpunktaten verwendet wurden, nach Tab. 55 anhand von Substrat und Entwicklungstiefe des A-Horizontes.

Tab. 55: Einstufung der mikrobiellen Abbauleistung für anthropogene Böden

Substrat/Bodentyp	A-Horizont	Wertstufe
Klärschlamm/Müll	-	4
	Ai	3
	Ah	2
anthropogene Bestandteile (meist Bauschutt ³⁹ mit < 30 % Skelett)	-	5
	Ai	4
	Ah	3
anthropogene Bestandteile (meist Bauschutt mit 30 - 50 % Skelett)	-	5
	Ai	5
	Ah	4
anthropogene Beimengungen (meist Asche/Schlacke ⁴⁰)	-	5
	Ai	5
	Ah	4
umgelagertes natürliches Substrat (Bodenart Sand)	-	5
	Ai	5
	Ah	4
umgelagertes natürliches Substrat (Bodenart Lehm oder Ton)	-	5
	Ai	4
	Ah	3
Hortisol (Gartenböden)	alle	2

Diskussion der Methode

Rechtsbezug

Im Rahmen der gesetzlichen Formulierung der Funktion „*Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers*“ hat die Bewertung der Leistung von Böden zum

³⁹ In Anwendungsgebiete dieser Methode in Berlin liegt für Böden dieser Wertstufen eine oft über einen Meter mächtige anthropogene Auflage auf dem natürlichen Ausgangsmaterial. Die Auflage besteht in unterschiedlicher Zusammensetzung aus kalkhaltigem Trümmer- und Bauschutt (meist Bauschutt).

⁴⁰ Der Boden des A-Horizonts für diese Wertstufe besteht vor allem aus den anthropogenen Beimengungen „Aschen und Schlacken“. In diesen Beimengungen können sich auch Bauschutt, Glasscherben, Ziegel, Feldsteine, Kacheln,..., befinden.

Abbau von organischen Substanzen eine große Bedeutung für die Prognose der Umwandlung und/oder den Transport von organischen Schadstoffen, da biologische Abbauprozesse (mikrobieller Abbau) eine kontinuierliche Schadstoffelimination und damit eine langfristige Minimierung der Boden- und Grundwassergefährdung bewirken können. Dementsprechend ist die verwendete Formulierung dieser Teilfunktion direkt dem Gesetzestext entlehnt und sichert so den eindeutigen Rechtsbezug. Außerdem beschreibt das formulierte Kriterium die Teilfunktion umfassend.

Fachlichkeit des Parameters

Der Abbau von organischen Substanzen und somit organischen Schadstoffen erfolgt vor allem durch im Boden vorkommende Mikroorganismen⁴¹ (mikrobieller Abbau). Die mikrobielle Aktivität für die Elimination organischer Schadstoffe ist dabei von verschiedenen Faktoren abhängig. Als Einflussfaktoren für Abbau und Umwandlung der organischen Substanz durch die mikrobiologische Aktivität sind spezifische Stoffeigenschaften wie Art und Struktur der organischen Substanz, die z.B. die Nährstoffversorgung bestimmt, Boden- und Standorteigenschaften, klimatische Bedingungen wie Temperatur und Feuchte, Redoxbedingungen oder Sauerstoffversorgung und die biologische Aktivität, die Faktoren, die wesentlich die standörtliche Eliminierungsstufe oder Abbaurate von organischen Schadstoffen bestimmen können, ebenso sind die standörtliche Temperatur und der pH-Wert von größtem Einfluss. Eine genaue Prognose bezüglich der mikrobiellen Aktivität in Anlehnung an diese Parameter ist derzeit nicht möglich. Da die „Humusform“ von den oben genannten Einflussfaktoren abhängig ist und somit ein wichtiger Indikator für den bodenbiologischen Zustand des Bodens darstellt, wird sie hier als wichtigster Eingangsparameter für die Bewertung der mikrobiellen Abbauleistung von organischen Schadstoffen für die Bewertung der mikrobiellen Abbauleistung für „gehölzbestandene Biotope und Moore“ verwendet. Außerdem wurde diese Methode für die Bewertung der mikrobiellen Abbauleistung für „anthropogene Böden“ mit den Eingangsparametern „technogene Substrate“ und „Ausprägung von Humushorizonten“ (A-Horizonte) entwickelt, so dass diese verwendeten Parameter eine entscheidende Rolle zur Schätzung der mikrobiellen Biomasse für „Standorte mit anthropogenen Böden“ bilden. Aber die Beurteilung der fachliche Richtigkeit der verwendeten Parameter zur Prüfung des Kriteriums „Fähigkeit zum mikrobiellen Abbau organischer Substanzen“ bereitet noch deutliche Schwierigkeiten bei der Bewertung dieser Teilfunktion, was wohl auch der Hauptgrund dafür ist, dass für die Bewertung der Leistung von Böden zum Abbau von organischen Schadstoffen für „Grünland-, Brach- und Ackerstandorte“ keine fachlich abgestimmte Methodik existiert.

Vollständigkeit

Mit der Konzentration auf die Methodik der Bewertung der mikrobiellen Abbauleistung ermöglicht die umfassend gewählte Formulierung des Kriteriums eine vollständige Beschreibung der Teilfunktion.

⁴¹ Die organischen Substanzen können im Boden durch den Angriff von Säuren oder andere direkte chemische Prozesse (chemischer Zerfall) abgebaut werden. Aber das geschieht nur zum einem geringen Teil, der mikrobielle Abbau ist entscheidender .

Fachliche Richtigkeit (Verknüpfungsregeln)

Da die wichtigste Einflussgröße „Humusform“ nicht für alle Böden klassifiziert werden kann, wird bei der Bewertung der Fähigkeit zur Umwandlung von organischen Substanzen zwischen gehölzbestandenen Biotopen und Mooren sowie Standorten mit anthropogenen Böden unterschieden. Dabei richtet sich die Methode auf die bestmögliche Beurteilung der Abbauleistung dieser Böden/Standorte in Abhängigkeit vom dem derzeitigen Wissenstand. Für anthropogene Standorte ist die Bewertung der Abbauleistung unproblematisch. Relativ schwierig ist die Beurteilung längerfristiger Änderungen der Humusform für die Bewertung der Abbauleistung von gehölzbestandenen Böden. Dabei erfolgt die Bestimmung der Humusform gutachterlich, also subjektiv. In diesem Zusammenhang kann die notwendige Genauigkeit der zu erwartenden dieser zu bewertenden Abbauleistungen für ein Planungsverfahren unterschiedlich sein. Im Zusammenhang mit der Pufferfunktion bewertet die Methode auch die Fähigkeit des Bodens zum mikrobiellen Abbau und damit die Filterleistung für (organische) Schadstoffe.

Reproduzierbarkeit, Transparenz

Die Methode bezüglich der Verknüpfungsregeln ist transparent beschrieben und liefert daher gut reproduzierbare Ergebnisse.

Prognosefähigkeit

Die Prognosefähigkeit der Methode ist prinzipiell gegeben und richtet sich stark nach den Informationen über die Bodenveränderungen, insbesondere die Substratveränderungen und Änderungen der Humusformen.

Anwendbarkeit (Praktikabilität)

Die Methodik ist in der Durchführung etwas aufwändig.

Allgemeine Gültigkeit

Die Methode bewertet in Stadtgebieten nur gehölzbestandene Biotope, Moore, Grünlandstandorte, Brachen und Standorte mit anthropogenen Böden. Auf Ackerstandorte ist die Methode nicht anwendbar.

10.2.3.4 Puffervermögen für saure Einträge (AAA4)

Die Säureeinträge, insbesondere die anthropogenen Einträge in industrialisierten Gesellschaften, haben in den letzten hundert Jahren einen kontinuierlichen Einfluss auf das System Pflanze/Boden ausgeübt. Dies führt zu einer negativen Auswirkung auf die Nährstoffverfügbarkeit, die Säureneutralisationskapazität, die Bindungsfähigkeiten für Schadstoffe und die Gefügestabilität des Bodens. Das Ausmaß dieser negativen Auswirkung auf den Boden hängt vor allem von den Säureeinträgen und der Pufferfunktion ab.

Die Versauerung des Bodens durch den Säureeintrag führt zur Mobilisierung von Puffersystemen im Boden. Infolge des Verbrauchs der Puffersubstanzen⁴² bei dem Absinken des pH-Werts ist die Sorptionsfähigkeit der Böden gering. Dies führt somit zur Verminderung der Bodenfunktionen bezüglich der „Bindung von anorganischen- und organischen Schadstoffen“ und des „Abbaus von organischen Schadstoffen“. Dadurch können die Böden saure Einträge nicht abpuffern, sie reagieren sauer. Für Pflanzen und sonstige Organismen bedeutet das eine Gefahr der Mobilisierung von Schadstoffen wie Schwermetallen. Außerdem führt es bei der Verlagerung dieser schädlichen Stoffe in die tiefen Bereiche zu der Beeinträchtigung des Grundwassers. Bezüglich des Nährstoffhaushalts im Boden führt der Säureeintrag zu einer Auswaschung an Mineralstoffen wie Ca und Mg und schließlich zu einem Nährstoffmangel⁴³. Somit kommt es auch zur Verminderung der Bodenfunktion „Standort für land- und forstwirtschaftliche Produktion“.

In diesem Zusammenhang ist das Kriterium „Vermögen des Bodens zur Säureneutralisation“ ein geeignetes Kriterium zur Bewertung des Puffervermögens des Bodens für saure Einträge.

Kriterium

Neutralisationsvermögen von Säuren

Eingangsparameter

Horizontsymbol, -lage und -mächtigkeit, Tongehalt, Skelettgehalt, Trockenrohdichte, Humusgehalt, pH-Wert, Kalkgehalt

Beschreibung der Methode

Die Funktionen dieser Methode wurden von DICKSCHAS 2001 (in: HOCHFELD et al., 2003) und BAASCH 1999 entwickelt und für Berliner Böden leicht geändert.

Die Fähigkeit, Säure zu neutralisieren wird entsprechend als Säureneutralisationskapazität (SNK) bezeichnet⁴⁴. Für jeden Horizont wird zunächst über die Feinbodenmenge die Säureneutralisationskapazität (SNK) in molc/m² ermittelt und für das gesamte Profil bis 1 m Tiefe berechnet. Die ermittelte Säureneutralisationskapazität des gesamten Profils wird anschließend anhand der fünfstufigen Skala bewertet. Bei höher anstehendem Grundwasser erfolgt die Berechnung bis zur Oberkante des ersten reduzierten Horizonts. Hierzu werden die nachfolgend aufgeführten Schritte für die Bewertung dieser Teilfunktion durchgeführt:

a) Für jeden Horizont bis max. 1 m Tiefe sind folgende Berechnungen durchzuführen:

1. Berechnung der Feinbodenmenge:

⁴² Böden weisen im neutralen bis schwach sauren Bereich die günstigsten Eigenschaften für die Bindung von organischen und anorganischen Schadstoffen und für den Abbau von organischen Schadstoffen auf. Bei dem Absinken des pH-Werts (bei Erreichen eines bestimmten pH-Werts) verliert der Boden zuerst seine austauschbaren basischen Kationen (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Al³⁺). Danach, etwa beim pH-Wert von 4,5 beginnend, kommt es zur Tonmineralzerstörung und damit zur Freisetzung potenziell toxisch wirkender Metallkationen (in der Reihenfolge Mangan, Aluminium und Eisen)

⁴³ Die Nährstoffionen werden dabei mit dem Sickerwasser in tiefere Bodenschichten und das Grundwasser ausgewaschen, wo sie nicht mehr für die Pflanzenwurzeln verfügbar sind.

⁴⁴ Die Säureneutralisationskapazität (SNK) ist eine Funktion der im Boden vorhandenen Puffersubstanzen und entspricht ihrer Pufferkapazität.

$$FB_{Hor} = \rho_t \times M_{Hor} \times 1000 \times (100 - GB) / 100 \quad (\text{Gleichung 7})$$

mit FB_{Hor} = Feinbodenmenge des Horizonts in kg/m²
 ρ_t = Trockenrohdichte in g/cm³
 M_{Hor} = Horizontmächtigkeit in m innerhalb der Bodentiefe 0 bis 1 m.
 GB = Grobbodenanteil in Vol-%

2) Berechnung der Säureneutralisationskapazität (SNK) des Horizonts:

$$SNK [\text{mol}_c / \text{m}^2] = (1,232 \times T + 10,116 \times H + 29,482 \times pH + 100 \times C - 72) \times FB_{Hor} \times 0,001 \quad (\text{Gleichung 8})$$

mit T = Tongehalt in %
 H = Humusgehalt in %
 pH = pH-Wert in CaCl₂
 C = Kalkgehalt in %
 FB_{Hor} = Feinbodenmenge des Horizonts in kg/m²

3) Für Waldboden/-standorte mit Humusauflagen erfolgt zusätzlich die Berechnung der Säureneutralisationskapazität (SNK) für die Humusauflage nach Gleichung 9:

$$SNK_{Humus} [\text{mol}_c / \text{m}^2] = B \times \rho_t \times M_{Hor} \times 0,01 \quad (\text{Gleichung 9})$$

mit B = Basengehalt in mmol/kg, Durchschnitt: Mull = 610, Moder = 390, Rohhumus = 320
 ρ_t = Trockenrohdichte in g/cm³, Durchschnitt nach Tab. 56
 M_{Hor} = Gesamtmächtigkeit der Humusauflage m

Tab. 56: Durchschnittliche Trockenrohdichten verschiedener Humusformen
(Quelle: DICKSCHAS, 2001)

Humusform	ρ_t [g/cm ³]
L-Mull	0,05
F-Mull	0,08
Mullartiger Moder	0,10
Typischer Moder	0,13
Rohhumusartiger Moder	0,15
Rohhumus	0,20

b) Bewertung der Säureneutralisationskapazität (SNK) des gesamten Profils

Die berechnete SNK des gesamten Profils nach Gleichung 10 ermittelt und nach Tabelle der Wertstufen für die Teilfunktion „Pufferfunktion für Säuren“ (Tab. 57 eingestuft).

$$SNK_{Prof} = SNK_{Humus} + \sum SNK_{Hor} \quad (\text{Gleichung 10})$$

Tab. 57 : Bestimmung der Wertstufe für die Teilfunktion „Pufferfunktion für Säuren“

	Wertstufe				
	5	4	3	2	1
$[SNK_{Prof} \text{ mol}_2/\text{m}^2]$	< 40	40 - 100	100 - 250	250 - 600	> 600

Diskussion der Methode

Rechtsbezug

Der - insbesondere vom Menschen verursachte - Säureeintrag verändert die physikalisch-chemischen Bedingungen im Boden und somit können die Stoffe ihre Mobilität wieder erlangen. Durch die Pufferleistung sind somit weitere Bodeneigenschaften z.B. Nährstoffversorgung und Lebensbedingungen für viele Mikroorganismen beeinflusst. In der gesetzlichen Formulierung der Funktion „*Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers*“ ist somit die Fähigkeit des Bodens zur Säureneutralisation (Pufferleistung) und somit der Bodenschutz vor kontinuierlich voranschreitender Versauerung durch Nennung der Puffereigenschaften beschrieben. In diesem Zusammenhang stellt die Teilfunktion „Säurepufferung“ zweifelsfrei eine wichtige Funktion im Rahmen der gesetzlich formulierten natürlichen Bodenfunktion „*Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium...*“ dar.

Fachlichkeit des Parameters

Böden verfügen über eine unterschiedliche Kapazität, Säuren zu neutralisieren. Diese Fähigkeit wird als Säureneutralisationskapazität (SNK) bezeichnet. Mit zunehmender Versauerung nimmt die Säureneutralisationskapazität (SNK) im Verlauf der Bodenentwicklung durch die ständige Zufuhr von Protonen allmählich ab. Gleichzeitig verlieren die Böden Metallkationen (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+} u.a.), die durch Protonen ersetzt werden. Wenn die Protonen im Boden mit einer Vielzahl von Substanzen wie Carbonaten, organischen Substanzen, Oxiden, Tonmineralen oder andere Silikaten reagieren, verbraucht sich ihre saure Wirkung bei diesen Reaktionen, die Säure wird neutralisiert. Die Größe der Säureneutralisationskapazität der einzelnen Bodenlösungen im Vergleich zwischen den verschiedenen Bodenbestandteilen (Substraten) wurde von BAASCH 1999 und DICKSCHAS 2001 im Rahmen einer empirischen Testreihe untersucht (BAASCH, 1999; DICKSCHAS, 2001 in: HOCHFELD et al., 2003). Die in die Bewertung der Fähigkeit von Böden zum Neutralisationsvermögen einfließenden Parameter sind: pH-Wert, Tongehalt, Humusgehalt, Carbonatgehalt, Gehalt an Sesquioxiden, Feinboden, Lagerungsdichte und Skelettgehalt. Für verschiedene Berliner Substrate wurde diese Methode angewendet. Das Ergebnis weist dabei eine plausible und ausreichende Differenzierung auf.

Vollständigkeit

Das gewählte Kriterium beschreibt dieser Methode umfassend und vollständig.

Fachliche Richtigkeit (Verknüpfungsregeln)

Zur Bewertung des Neutralisationsvermögens von Säuren im Boden wird als Kapazitätsparameter der Bodenversauerung die Säureneutralisationskapazität (SNK) verwendet. In diesem Zusammenhang bedeutet Bodenversauerung immer eine SNK-Abnahme. Die SNK ermöglicht hier eine quantitative Beschreibung der Versauerung⁴⁵. Dabei erfolgt die Bestimmung der SNK aus den Bodenparametern der Bodenkartierungen über auf empirischen Untersuchungen verschiedener Substrate basierende

⁴⁵ Die Säureneutralisationskapazität (SNK) hängt von der Menge der Puffersubstanzen im Boden ab und ist somit ein quantitativer Ausdruck für seine Pufferkapazität gegenüber Säuren.

Regressionsgleichungen. Außerdem erlaubt die Methode eine Korrektur in Abhängigkeit von dem Grobbodenmaterial und der Lagerungsdichte des Bodens. Die Klassenbildung zeigt bei der Anwendung dieser Methode für verschiedene Substrate in Stadträumen plausible differenzierte Ergebnisse (vgl. Kap. 9.2.9).

Reproduzierbarkeit, Transparenz

Die Methode bezüglich der Verknüpfungsregeln ist transparent beschrieben und liefert daher gut reproduzierbare Ergebnisse.

Prognosefähigkeit

Prognosefähigkeit ist prinzipiell gegeben soweit sich die Bodeneigenschaften aus der Maßnahmenbeschreibung prognostizieren lassen.

Anwendbarkeit (Praktikabilität)

Bei dieser Methode handelt es sich um eine Verwendung zahlreicher profilbezogener Eingangsparameter, deren Ermittlung auch mit einem hohen Aufwand möglich ist. Somit ist Anwendbarkeit dieser Methode mit der Verfügbarkeit von benötigten Daten verbunden.

Allgemeine Gültigkeit

Die auf der Bodenkartierung basierende Methode weist eine plausible und ausreichende Differenzierung für Berliner Böden auf, so dass diese Methode hinsichtlich der funktionelle Fähigkeit zur Neutralisation von Säuren (Säurepufferung) zwischen den Böden aus lehmigen oder sandigen Schluffen, Böden aus lehmigen oder schluffigen Sanden und den sandigen Böden in Abhängigkeit von dem Grad der anthropogenen Überprägung unterscheidet und sie ist somit im Prinzip für alle Bodenflächen anwendbar. Aber die Ergebnisse für Torfe sind unsicher⁴⁶.

10.2.3.5 Schutz des Grundwassers (Boden als Abbaumedium auf Grund der Stoffumwandlungseigenschaften⁴⁷ zum Schutz des Grundwassers) (AAA5)

Bei der Bewertung der Teilfunktion „Boden als Bestandteil des Wasserkreislaufs“ (BNH1) werden der quantitative Aspekt der Grundwasserneubildung der Böden und ihre Eigenschaft zur Infiltration von Niederschlag (Oberflächenwasserabfluss) berücksichtigt. Gemäß der mit dem BBodSchG geschützten Funktion „Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers“ (BBodSchG § 2, Abs. 2, 1c) ist die Bewertung des qualitativen Aspekts der Grundwasserneubildung besonders relevant, wenn das Grundwasser als Ressource zur Trinkwassernachlieferung dient oder wenn das infiltrierte Wasser von Niederschlag (Oberflächenwasserabfluss) mit trinkwassertauglichem Grundwasser im Austausch steht (LEHMANN et al., 2006). Dementsprechend können

⁴⁶ Diese Methode wurde dabei in Anlehnung an die Untersuchungen im Mineralboden entwickelt. Somit sind unsichere Ergebnisse bei Torfen zu erwarten.

⁴⁷ Die Transformationswirkung der Böden wird hier durch mikrobielle Abbauleistung von Schadstoffen, insbesondere organische Schadstoffe, im Sickerwasser bestimmt. So wandeln sie feste organische und anorganische Abfall- und Schadstoffe durch mikrobielle Tätigkeiten zu Stoffen anderer Aggregatzustände und anderer chemischer Zusammensetzung um. Die neu entstandenen gasförmigen, gelösten oder festen Stoffe besitzen meist keine Schädigung mehr (Scheffer & Schachtschabel, 2002).

Bodenverunreinigungen und Grundwassergefährdungen, wenn Schadstoffe ins Grundwasser gelangen und auf diesem Wege das Trinkwasser verschmutzen, erhebliche ökologische Schäden und gesundheitliche Gefahren für die Bevölkerung hervorrufen. Aus diesem Grund hat die Bewertung der Leistungsfähigkeit des Bodens zur Grundwasserneubildung (der qualitative Aspekt) hohe Bedeutung für den Schutz des Grundwassers. Hierbei wird ein Boden, der eine „hohe Verweilzeit“ des versickernden Wassers besitzt (= hohe Einwirkdauer für die Mikroorganismen), als hoch bezeichnet, da dies eine höhere Verweildauer des Bodenwassers (versickertes Niederschlagswasser) und somit eine höhere zurückgehaltene Wassermenge beinhaltet. Dies hat nicht nur positiven Einfluss auf den Wasserhaushalt der Pflanzen, sondern begünstigt zudem den mikrobielle Abbau eingetragener (organischen) Stoffe durch den Bodenkörper und wirkt sich somit verbessernd auf die Sickerwasserqualität aus.

Es ist hier auch darauf hinzuweisen, dass die Bewertungsprozedur neben der „Qualität der Grundwasserneubildung“ auch den quantitativen Aspekt der Grundwasserneubildung und die Quantität der Infiltration des Wassers berücksichtigt.

Kriterium

Qualitativ der Grundwasserneubildung

Eingangsparameter

- Bodenkundliche Verknüpfungsparameter: Durchlässigkeit (gesättigte Wasserleitfähigkeit - kf-Wert), nutzbare Feldkapazität (nFK)
- Bodenkundliche Basisparameter: Bodenart, Bodentyp, Trockenrohdichte, Gehalt an Grobmaterial, Humusgehalt, Horizontierung (Horizontmächtigkeit) (Grundwasserflurabstand)

Beschreibung der Methode

Die Bewertung des „qualitativen Aspekts der Grundwasserneubildung“ erfolgt bis 1 m Tiefe und basiert auf dem kf-Wert und der nutzbaren Feldkapazität (nFK). Als hochwertig bewertet werden Böden mit einer hohen nutzbaren Feldkapazität von ≥ 200 mm und einem minimalen kf-Wert von 10 bis 20 cm/d (kf-Wert ist hier gesättigte Wasserleitfähigkeit der geringst durchlässige Horizont des Profils). Die Böden, die hier die beste Bewertung erhalten, können viel Wasser aufnehmen (hohe Infiltration) und dieses Wasser nach einer Verweilzeit von 5 bis 10 Tagen (hohe Verweildauer des Bodenwassers) im obersten Meter des Bodenkörpers an das Grundwasser abgeben, was zur Folge hat, dass eingebrachte (organische) Stoffe aufgrund der langsamen Versickerung länger in einem Horizont verweilen. Somit bleibt mehr Zeit zum Prozess des mikrobiellen Abbaus der organischen Schadstoffe im Sickerwasser in den oberen Horizonten des Bodens. Ergänzend dazu haben diese Böden in Zusammenhang mit der Filter- und Pufferfunktion eine hohe Filter- und Pufferkapazität, insbesondere in den Oberböden, was den Effekt der verstärkten Fähigkeit der Schadstoffbindung erhöht.

Zur Bewertung der Teilfunktion „Schutz des Grundwasser“ erfolgt für jeden Bohrpunkt/jedes Profil zunächst eine Einstufung der Parameter „nutzbare Feldkapazität und Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert)“ nach den Tab. 58 und 59 (S.185). Abschließend erfolgt gemäß Tab. 60 eine Verknüpfung der Wertzahlen der nutzbaren Feldkapazität und der Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert). Ausnahme:

Aufgrund ihrer unmittelbaren Nähe zum Grundwasserkörper (keine oder sehr kurze Filterstrecke zum Grundwasser) und der möglichen Bildung löslicher organischer Komplexe im Milieu des naturgegebenen niedrigen pH-Wertes erhalten die Moorböden⁴⁸ im Zusammenhang mit der Filter- und Pufferfunktion für Schwermetalle hinsichtlich der Qualität der neu gebildeten Grundwasser pauschal die Wertstufe 5 „sehr schlecht“.

Tab. 58: Einstufung der nutzbaren Feldkapazität (nFK) [mm bzw. l/m²]

nFK	Einstufung	
	Bezeichnung	Wertzahl
< 50	sehr gering	1
50 - < 90	gering	2
90 - < 140	mittel	3
140 - < 200	hoch	4
≥ 200	sehr hoch	5

Tab. 59: Einstufung der Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert) [cm/d]

kf	Einstufung	
	Bezeichnung	Wertzahl
0 < 1	sehr gering	1
1 - < 10	gering	2
10 - < 20	mittel	3
20 - < 50	hoch	4
≥ 50	sehr hoch	5

Tab. 60: Zuordnungsmatrix zur Bestimmung der Wertstufen für die Bewertung der Teilfunktion „Schutz des Grundwassers“ anhand der Wertzahlen für Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert) und nutzbare Feldkapazität (nFK) (Kriterium: Qualität der Grundwasserneubildung)

		nutzbare Feldkapazität [mm bzw. l/m ²]				
		1	2	3	4	5
kf [cm/d]	1	5	5	5	4	4
	2	5	4	4	3	2
	3	4	3	3	2	1
	4	5	4	4	3	2
	5	5	5	4	4	3

Diskussion der Methode

Rechtsbezug

Für die ausreichende Sicherstellung der Grundwasser- und damit auch Trinkwassernachlieferung in Stadtgebieten ist der Schutz des Grundwassers von großer Bedeutung. Durch die Formulierung der Funktion „Boden als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und **Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers**“ im BBodSchG hat der Gesetzgeber klar das Schutzziel des Grundwassers betont. Der Aspekt der Qualität der Grundwasserspende ist dabei relevant für die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung. Dementsprechend lässt sich die Funktion „Schutz des Grundwassers“ vor allem anhand des bewertungsrelevanten Kriteriums „qualitativer Aspekte der Grundwasserneubildung“ im Zusammenhang mit der Filter-, Pufferfunktion bewerten

⁴⁸ Im Zusammenhang mit der Filter- und Pufferfunktion werden bei grundwassernahen Böden/Standorten wie Moorböden aufgrund der kurzen Filterstrecke zum Grundwasser (organische) Schadstoffe rascher in das Grundwasser als bei grundwassertiefen Böden/Standorten eingetragen.

Fachlichkeit des Parameters

Gemäß der Diskussion der Fachlichkeit des Parameters nFK und kf-Wert bei Bewertung der Qualität der Grundwasserneubildung sind solche Eingangsparameter aus fachgerechter Sicht erforderlich (vgl. Kap. 10.2.2.1). Vom kf-Wert hängt ab, wieviel Wasser aus Niederschlagsmengen (Oberflächenabfluss) in den Boden einsickert und damit potentiell der Grundwasserneubildung zur Verfügung steht. Von der nFK hängt die Wasserspeicherkapazität ab, die bestimmt, wieviel versickertes Niederschlagswasser tatsächlich für die Grundwasserneubildung zur Verfügung steht, nachdem der Bodenwasserspeicher aufgefüllt ist. Die Verknüpfungsparameter nFKW und der kf-Wert werden mit Hilfe der KA5 ermittelt. Die plausiblen Laborwerte sollen in die Bewertung einfließen, wenn diese Werte vorhanden sind. Die Methode berücksichtigt indirekt die Mächtigkeit des Bodens, also die Filterstrecke der durch versickerndes Wasser eingetragenen Schadstoffe zum Grundwasser, indem bei grundwassernahen Böden/Standorten wie Moorböden pauschale Wertstufe vergeben werden.

Vollständigkeit

Eine vollständige Beschreibung der Teilfunktion „Schutz des Grundwassers“ vor stoffliche Einwirkungen ist mit dem umfassenden Kriterium garantiert.

Fachliche Richtigkeit (Verknüpfungsregeln)

Die Verknüpfungsregeln wurden einfach aufgebaut, so dass sie auf der Zuordnung der Werte nFK und kf basiert. Zunächst werden die Verknüpfungsparameter nFK und kf in fünf Wertzahlen eingestuft, anschließend werden die beiden Wertzahlen zur Wertstufe für die Teilfunktion verknüpft. Dies garantiert die plausible und richtig abgestufte Differenzierung der zu bewertenden Böden. Die pauschale Einstufung tritt nur bei den Moorböden auf, die die Wertstufe 5 erhalten.

Reproduzierbarkeit, Transparenz

Zum Schutz des Grundwassers weist die Methode mit den reproduzierbaren Parametern eine gute Reproduzierbarkeit hinsichtlich der gutachterlichen Abschätzung, insbesondere im Zusammenhang mit der Filter- und Pufferkapazität auf. Die Methode ist transparent dargestellt.

Prognosefähigkeit

Die Methode orientiert sich auf den Schutz des Grundwassers unter Berücksichtigung der Durchlaufzeit des Sickerwassers durch den Bodenkörper, da von dieser Durchlaufzeit die Fähigkeit des mikrobiellen Abbaus von organischen Schadstoffen im Sickerwasser abhängig ist. Dabei erfolgt die Bewertung der Fähigkeit des mikrobiellen Abbaus von organischen Schadstoffen in Anlehnung an die relevanten Wasserhaushaltsinformationen. Dabei ist Methode prognostizierbar, soweit sich die Bodeneigenschaften aus der Beschreibung der geplanten Maßnahmen und Bodenveränderungen (z.B. Eigenschaften des Materials, Mächtigkeit des Auftrags, Grundwasserflurabstand usw.) prognostizieren lassen.

Anwendbarkeit (Praktikabilität)

Die Methode ist praktikabel

Allgemeine Gültigkeit

Die allgemeine Gültigkeit der Methode ist unbedingt gegeben. Dabei können alle Bodenflächen im Stadtgebiet anhand der plausibel abgebildeten Wertstufen bewertet werden.

10.2.4 Archivfunktion (AF) (BBodSchG § 2, Abs. 2, 2)

Die Böden haben eine Funktion als Archiv der Naturgeschichte, wenn diese Böden die rezenten physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften insbesondere Besonderheiten, Eigenarten oder typische Merkmale einer natürlichen Pedogenese dokumentieren. Die Verringerung des Werts der Funktionsfähigkeit des Bodens als Archiv der Naturgeschichte (eines natürlichen Profils) ist von dem Grad des anthropogenen Einflusses abhängig. Als Archivfunktion der Kulturgeschichte hingegen gelten Böden, die rezente physikalische, chemische und biologische Eigenschaften insbesondere Besonderheiten, Eigenarten oder typische Merkmale einer anthropogen geprägten Pedogenese bei der Änderung des Profilaufbaus dokumentieren. Dementsprechend ermöglichen die über lange Zeit entwickelten Böden Rückschlüsse auf die vergangene Art der Kulturtätigkeit des Menschen (z.B. historische und prähistorische Landnutzung wie landwirtschaftliche Nutzungsformen) oder vergangene natürliche Pedogenese (z.B. vergangene Umweltbedingungen).

Das vorgeschlagene Berliner Verfahren bewertet in diesem Zusammenhang die Archivfunktion für die Naturgeschichte. Dieses Verfahren bietet aber zurzeit aufgrund der fehlenden Daten, insbesondere das Alter von Böden betreffend und archäologische Daten (z.B. archäologische Einzelfunde auf dem oder im Boden wie Bodendenkmäler), keine Methode zur Bewertung der Bodenfunktion Archiv der Kulturgeschichte an.

10.2.4.1 Archivfunktion für die Naturgeschichte (AF1)

Boden, der sich über lange Zeit ungestört entwickelt hat, zeigt durch seine Ausprägung entsprechende Besonderheiten, wie z.B. die während seiner Ausbildung existierenden Umweltbedingungen waren, oder konservierte Anzeichen vergangener Landnutzung und vergangener Bodenbildung (Entstehungsprozesse) (LEHMANN et al. 2006). In diesem Zusammenhang zielt die Bewertung dieser Funktion darauf ab, Böden, die diese entsprechenden Besonderheiten zeigen, als schützenswert einzustufen und ihre Beeinträchtigung (z.B. Zerstörung in ihrem Aufbau) zu vermeiden.

Von besonderer Bedeutung ist die Archivfunktion für die Naturgeschichte nur bei Böden, die sehr selten vorkommen und in einer Landschaft eine Besonderheit in Stadträumen darstellen. Diese Böden sind auf kleinen Flächen verbreitet und beschränken sich meist auf naturnahe Böden. Aus diesem Grund lässt sich die naturhistorische Bodenfunktion anhand der Kriterien „Seltenheit“ und „Naturnähe“ in dem Stadtraum bewerten. Dabei werden diese Kriterien miteinander verknüpft, wobei die Seltenheit der Böden vorrangige Bedeutung erhält.

Kriterium

Seltenheit in der heutigen Verbreitung und Naturnähe des Bodens

Eingangsparameter

- Bodenkundliche Verknüpfungsparameter: Naturnähe, Seltenheit
- Bodenkundliche Basisparameter: Horizont- und Substratabfolge, Nutzung, (Besonderheiten von Böden hinsichtlich ihrer naturgeschichtlichen Entstehung)

Beschreibung der Methode

Die Methode zur großmaßstäbigen Bewertung der Archivfunktion „Archivfunktion für die Naturgeschichte“ wurde in Anlehnung an die Bewertung der Kriterien „Naturnähe“ und „Seltenheit“ vorgelegt, so dass diese Kriterien im Rahmen des Vergleichs der drei angewendeten Bewertungsverfahren bei der Bewertung der Boden(teil)funktionen geprüft und in ihrer Eignung beurteilt wurden.

Die Bewertung der Archivfunktion „Archivfunktion für die Naturgeschichte“ erfolgt gutachterlich anhand der regional und lokal gültigen Kriterien Naturnähe und Seltenheit in der heutigen Verbreitung. Zunächst wird die Seltenheit der Böden je nach prozentualen Flächenanteil der bodensystematischen Einheit (prozentualer Anteil eines bestimmten Bodentyp/einer bestimmten Bodenform) an der Fläche des Bezugsraumes (= des Untersuchungsgebiets) in fünf Stufen eingeteilt, deren Bewertung von sehr selten (1 = Flächenanteil < 0,1%) bis sehr häufig (5 = Flächenanteil > 10 %) reicht (Tab. 61). Die Bewertung der Naturnähe erfolgt gutachterlich für jedes Profil/jeden Bohrpunkt anhand der Horizont- bzw. Substratabfolge (Tab. 62). Dann ergibt sich die Wertstufe der bodensystematischen Einheit (Bodentypen/Bodenformen) aus dem Mittelwert der Wertstufen der einzelnen Profil- oder Bohrpunkte.

Abschließend erfolgt die Gesamtbewertung der zu bewertenden Teilfläche gemäß Tab. 63 durch Verknüpfung der Wertzahlen für „Seltenheit“ und „Naturnähe“

Tab. 61: Bewertung des Kriteriums „Seltenheit von Böden in der heutigen Verbreitung“ nach ihren Flächenanteilen [Flächen-%] für die Bewertung der Teilfunktion „Archiv der Naturgeschichte“

Bodenfläche (Bodentyp oder Bodengesellschaft)	Wertzahl der Seltenheit (Flächenanteil in % Bodenfläche)				
	1	2	3	4	5
	sehr selten	selten	verbreitet	häufig	sehr häufig
	Einzelflächen, Vorkommen < 0,1 %	Vorkommen 0,1 - 0,4 %	Vorkommen > 0,4 - 3 %	Vorkommen > 3 - 10 %	Großflächig, Vorkommen > 10 %

Tab. 62: Bewertung des Kriteriums „Naturnähe“ für die Bewertung der Teilfunktion „Archiv der Naturgeschichte“ anhand der Horizont- bzw. Substratabfolge

Profilabfolge (Horizonte und Substrate)	Wertzahl der Naturnähe				
	1	2	3	4	5
natürliche Böden mit natürlicher Profilabfolge (natürliche Horizonte und Substrate)		- Durchmischung im A-Horizont in einer maximalen Tiefe von 30 cm) (ohne neuzeitliche ackerbauliche Nutzung) - für Ackerböden in den Außenbereichen der Städte: natürliche Böden mit Ap-Horizont	natürliche Böden mit: - stark anthropogener Verdichtung: $LD \geq 4$ in bis zu 50 cm oder - Aufträgen bis 50 cm oder - Abträge innerhalb des A-Horizonts oder - indirekten anthropogenen Störungen ohne Auf- und Abträge bis max. 60 cm	Aufträge bis 1 m über Böden über fossilen Böden wie 1 oder (2) oder Böden wie 1 oder 2 mit Abträgen mit deutlichen Resten des natürlichen B-Horizonts - für Ackerböden: Abträge des humosen Oberbodens	alle Böden mit über Wertstufe 4 hinausgehenden Veränderungen (sehr stark im gesamten Bodenaufbau veränderte Böden)

Tab. 63: Zuordnungsmatrix zur Bestimmung der Wertstufen für die Bewertung der Teilfunktion „Archivfunktion für die Naturgeschichte“ anhand der Wertzahlen für Seltenheit und Naturnähe (Kriterium: Seltenheit und Naturnähe des Bodens)

		Seltenheit				
		1	2	3	4	5
Naturnähe	1	1	1	2	3	3
	2	1	2	3	3	3
	3	2	3	3	3	4
	4	3	3	3	4	5
	5	3	3	4	5	5

Diskussion der Methode

Rechtsbezug

Ein direkter Bezug zu dieser Teilfunktion in den Schutzzielen des Bodens wird im Text des BBodSchG hergestellt, in dem festgelegt wird, dass Boden grundsätzlich zu erhalten ist und Beeinträchtigungen in seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte so weit wie möglich zu vermeiden sind. Für die Bewertung dieser Teilfunktion verwendet diese Methode die Kriterien Seltenheit und Naturnähe. In diesem Zusammenhang ermöglicht jedes dieser Kriterien eine umfassende Zuordnung in fünfstufiger Differenzierung zu dieser Teilfunktion in Abhängigkeit von der umfassenden Erkenntnis zum Bestand des Bodens. Außerdem ermöglichen die beiden Kriterien anhand ihrer Verknüpfung eine flächendeckende Bewertung des Bodens in fünf Stufen.

Fachlichkeit des Parameters

Zur Bewertung der Funktion der Naturgeschichte wird eine sinnvolle Kombination der wesentlichen Kriterien/Parameter „Naturnähe“ und „Seltenheit“ als geeigneter Ansatz angesehen.

Die „Naturnähe“ erhält eine hohe Bedeutung bei der Bewertung dieser Funktion, da für die Beurteilung eines Bodens als naturgeschichtliches Archiv nur ein Boden in Frage kommt, der natürlich entstanden und über lange Zeit auf natürliche Weise entwickelt ist und durch anthropogene Einwirkungen nicht zu stark überprägt wurde. In diesem Zusammenhang erfolgt die Bewertung der

Naturnähe⁴⁹ über Bodeninformationen der Horizont- und Substratabfolge unter Berücksichtigung der Kennwerte Lagerungsdichte und Nutzung in Abhängigkeit von der Zeit.

Böden, die in Stadtgebieten in geringer Häufigkeit auftreten (seltenes Vorkommen von Bodentypen auf kleinen Flächen), brauchen hinsichtlich ihrer Funktion als Archiv der Naturgeschichte besonderen Schutz. Somit besitzt die „Seltenheit in der heutigen Verbreitung“ eine wesentliche Bedeutung für die Beurteilung eines Bodens als naturgeschichtliches Archiv. Als Maß zur Bewertung der Seltenheit wird dabei empfohlen, den prozentualen Anteil eines bestimmten Bodentyps an der zu bewertenden Fläche abzuschätzen. Die Bewertung der Seltenheit bereitet aber Schwierigkeiten:

- bei der Definition der Grenzen der bewerteten Bodentypen oder Bodenformen. Das kann eine negative Auswirkung auf die Bewertung der Bewertung, insbesondere von Bodentypen bzw. Bodenformen, die als „selten“ und „sehr selten“ bezeichnet werden, aufweisen.
- bei der Definition der Bezugsgröße (bodensystematische Einheit), auf die sich die Bewertung der Seltenheit beziehen soll. Es wäre hier besser für die großmaßstäbige Bewertung und für die Darstellung von Ergebnissen in einer Karte mit einem Maßstab von 1:5.000 - 1:10.000, dass die Bewertung der Seltenheit sich auf einzelne Bodentypen/Bodenformen unabhängig von ihrer Nutzungen bezieht⁵⁰.
- bei der Definition des Bezugsraumes: Wird der Bezugsraum administrativ oder naturräumlich gewählt? In diesem Zusammenhang können die häufigen Böden eines administrativ abgegrenzten Bezugsraums bundesweit oder in Bezug auf einen Naturraum (Landschaftsraum) selten oder sehr selten sein⁵¹. Geeignet wäre hier die Wahl des Bezugsraums administrativ, da sich die behördlichen, administrativen Entscheidungen immer nur auf den administrativ abgegrenzten Bezugsraum beziehen können.

Für Böden, die besondere Dokumentation enthalten oder Referenzflächen als Archiv der Naturgeschichte darstellen, erfolgt jedoch ihr Schutz im eigentlichen Sinne nicht in Rahmen der planerischen Bodenfunktionsbewertung. Dabei liefert die Bewertung solcher Böden Hinweise für ihre Schutzwürdigkeit, so dass die Archivfunktion dieser Böden in der planerischen Abwägung zentralen Stellenwert haben.

Schließlich lässt sich sagen, dass die Methode der Bewertung dieser Teilfunktion die Naturnähe und Seltenheit als „elementare Verknüpfungsparameter“ verwendet. Aber ohne „gutachterliche“ Beurteilung kann die Bewertung dieser Funktion zurzeit nicht bewertet werden. In diesem Zusammenhang sollten regional und lokal relevante Kriterien berücksichtigt werden (z.B. Besonderheiten von Böden hinsichtlich ihrer naturgeschichtlichen Entstehung).

⁴⁹ Die Bewertung der Naturnähe erfolgt, fast ähnlich wie bei der Lebensgrundlage und dem Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen (LRF2) über die Horizont- und Substratabfolge, aber die Einteilung der Horizont- und Substratabfolge weicht stark von der Einteilung bei der LRF2 ab.

⁵⁰ Die Bewertung der Seltenheit z.B. nach dem Berliner Verfahren bezieht sich ausschließlich auf die Bodengesellschaften. Also ist die Einordnung der Bodentypen in die nach diesem Bewertungsverfahren ausgewiesenen Bodengesellschaften für kleine Flächen und große Maßstäbe schwierig. Daher muss immer ein Kompromiss geschlossen werden. Außerdem können seltene Bodentypen innerhalb von weniger seltenen bis häufig vorkommenden Bodengesellschaften auftreten und umgekehrt. Das führt zu unsicheren Ergebnissen.

⁵¹ Die Böden „Flussmarschen“ sind z.B. im administrativ abgegrenzten Bezugsraum Hamburg häufig, aber diese Böden können bundesweit betrachtet sehr selten sein (HOCHFELD et al., 2002).

Vollständigkeit

Die beiden Kriterien Naturnähe und Seltenheit beschreiben die Teilfunktion „Boden als Archiv der Naturgeschichte“ umfassend und vollständig.

Fachliche Richtigkeit (Verknüpfungsregeln)

Die Bewertung der Teilfunktion Boden als Archiv der Naturgeschichte erfolgt vor allem gutachterlich. Für die Orientierung dieser Bewertung sind die Verknüpfungsregeln der Methode in Anlehnung an die genannten Parameter zweistufig aufgebaut. Zunächst werden die Parameter „prozentualer Anteil der flächenhaften Verbreitung von bodensystematischen Einheiten (Bodentypen/Bodenformen) an der Fläche des Bezugsraums zur Ermittlung der Wertzahl der Seltenheit“ und „die Horizont- und die Substratabfolge zur Ermittlung der Wertzahl der Naturnähe für eine einzelne Fläche“ verwendet. Abschließend wird die Wertzahl der Seltenheit über eine Matrix mit der Wertzahl der Naturnähe zur Funktionswertstufe verknüpft. Diese begründeten Verknüpfungsregeln dieser Methode erweitern die Bewertungsrahmen dieser Teilfunktion und tragen somit wesentlich bei, die gutachterliche Bewertung zu verstehen.

Reproduzierbarkeit, Transparenz

Die Bewertung der Bodenfunktion als Archiv der Naturgeschichte kann generell nicht automatisiert durch die Verknüpfungsparameter Seltenheit bewertet werden. Deswegen ist es derzeit nicht möglich, eine Bewertung dieser Funktion ohne eine gutachterliche Bewertung durchzuführen. Daher ist die Methode nur bedingt reproduzierbar und transparent.

Prognosefähigkeit

Im Prinzip ist die Prognose bei Veränderungen der Substratabfolge z.B. durch Abträge und Aufträge von Materialien möglich. Aber es handelt sich hier um den funktionalen Wertverlust von Böden als Archiv der Naturgeschichte, der sich leicht anhand der Methode (Tab. 62) bestimmen läßt. Obwohl im Profil gespeicherten Informationen mit dem gegenwärtigen Wissenstand nicht vollständig erfasst werden können, bleibt die Qualität der Prognose von diesen Informationen überwiegend abhängig, da eine wissenschaftliche Auswertung dieser Informationen bei Eingriffen möglich ist. Mit dieser Auswertung ist bekannt, welche Horizonte oder Bodenmerkmale mit besonderen Eigenschaften verloren gehen.

Allgemeine Gültigkeit

Die Anwendung der Methode basiert vor allem auf den Daten der Bodenkartierung, somit ist sie überall anwendbar, wo sich die benötigten Parameter bestimmen lassen.

10.3 Vorschlag zur Gesamtbewertung

In Auswertung der drei ausführlich vorgestellten und diskutierten Verfahren (Hamburger, Berliner und Münchner Verfahren) muss festgestellt werden, dass diese Verfahren auf Grundlage spezifischer Besonderheiten der bewerteten Gebiete der drei Großstädten begründet und an die speziellen

Wertmaßstäbe dieser Gebiete angepasst sind; sie sind dementsprechend auf der unteren Planungsebene ($\geq 1:10.000$) nicht überregional oder allgemein anwendbar.

Für ein allgemein anwendbares Verfahren wird hier - in Anlehnung an die drei o.g. Verfahren - einen methodischen Vorschlag zur Gesamtbewertung⁵² vorgestellt, die im Folgenden kurz erläutert werden:

Beschreibung des Bewertungsverfahrens

Die Gesamtbewertung von Böden aus Sicht des Bodenschutzes richtet sich darauf, die natürliche Leistungsfähigkeit von Böden zu sichern und besonders schutzwürdige Böden im Rahmen der Planungen oder der geplanten Maßnahmen (z.B. im Rahmen der Flächennutzungsplanerstellung) in den Stadträumen herauszufiltern. In diesem Zusammenhang bedeutet die Gesamtbewertung, die Leistungsfähigkeit der Böden zur Erfüllung der natürlichen Bodenfunktionen nicht nur hinsichtlich einer Funktion, sondern in seiner Gesamtheit zu bewerten, d.h. Ermittlung eines Gesamtergebnisses durch aggregierte Bewertung der Teilergebnisse der Teilfunktionen eines Bewertungsverfahrens. Infolge der spezifischen Vor- und Nachteile, die mit mehreren Bewertungsverfahren verbunden sind, stellt hier die Vorgehensweise in der Gesamtbewertung bezüglich der einzelnen Bodenfunktionen bzw. Bodenteilfunktionen einen möglichen Weg dar.

Die Einzelbewertungen der natürlichen Boden(teil-)funktionen und der Archivfunktion bilden die Grundlage für diese vorgeschlagene Gesamtbewertung. Dabei untergliedert dieses vorgeschlagenen Bewertungsverfahren die im BBodSchG genannten vier Bodenfunktionen in 10 Teilfunktionen. Somit wird zunächst für jede Teilfunktion und jede einzelne Fläche (z.B. Bodentyp) eine Wertstufe geliefert. Also befindet sich bei der vollständigen Bewertung der 10 Teilfunktionen dieses vorgeschlagenen Bewertungsverfahrens das Ergebnis der Bewertung aus 10 Teilergebnissen für jede Teilfläche (Einzelfläche). Für jede der vier im Gesetz genannten Bodenfunktionen wird „eine Wertstufe“ durch Integration der Teilergebnisse ihrer Teilfunktionen dargestellt. Insgesamt werden sich bei den vier Bodenfunktionen „vier Wertzahlen“ pro Teilfläche ergeben. Diese Wertzahlen werden abschließend in fünf Klassen nach der fünfstufigen Skala für die Bewertung der Leistungsfähigkeit der Böden eingestuft. Also besteht das Ergebnis der Gesamtbewertung der Leistungsfähigkeit der Böden in fünf Bewertungsklassen (ihre Wertstufen: sehr hoch = 1, hoch = 2, mittel = 3, gering = 4, sehr gering = 5). Die Vorgehensweise in der Gesamtbewertung ist in der Abb. 67 schematisch dargestellt.

In folgenden Schritten wird die Integration der einzelnen Wertzahlen der Bodenteilfunktion zur Ermittlung der Gesamtbewertung der Leistungsfähigkeit der Böden bezüglich ihrer Schutzwürdigkeit durchgeführt und beschrieben:

Schritt 1: Integration der Bewertungen (Wertstufen) der Teilfunktionen

Damit die aggregierte Gesamtbewertung der Bodenfunktionen realisiert werden kann, wird in diesem Schritt für jede der im BBodSchG genannten natürlichen Funktionen (LRF, BNH, AAA) und für die Archivfunktion (AF) eine „Wertzahl“ ermittelt. Somit wird das Ergebnis der Bodenfunktionsbewertung aus 10 Teilergebnissen für jede bewertete Teilfläche (Einzelfläche) von 10 auf 5

⁵² In vielen Quellen wird die aggregierte Gesamtbewertung als „zusammenfassende Bodenfunktionsbewertung“ beschrieben.

Wertstufen reduziert. Die Integration der Wertstufen der Teilfunktionen zur Reduzierung der Wertstufen wird im Folgenden verdeutlicht (vgl. Abb. 67):

Die Ermittlung des Gesamtergebnisses der Bodenfunktion „Lebensraumfunktion (LRF)“ erfolgt durch Integration der Teilfunktionen LRF1 und LRF2 (unter Berücksichtigung der Naturnähe⁵³). In diesem Zusammenhang entscheidet die Teilfunktion, welche das höchste Ergebnis aufweist, über das Gesamtergebnis.

$$\text{LRF} = \text{LRF1 wenn Wertstufe von LRF1 besser als LRF2 (unter Berücksichtigung der Naturnähe)}$$
$$= \text{LRF2 (unter Berücksichtigung der Naturnähe) wenn Wertstufe von LRF2 besser als LRF1}$$

Die Ermittlung des Gesamtergebnisses der Bodenfunktion „Bestandteil des Naturhaushalts insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen (BNH)“ erfolgt durch Integration der Teilfunktionen BNH1 und BNH2. Die Ergebnisse der Teilfunktionen sind i.d.R. gleichgerichtet, daher wird die Bodenfunktion BNH integriert mit dem Mittelwert ihrer Teilfunktionen bewertet.

$$\text{BNH} = (\text{BNH1} + \text{BNH2}) \times 0,5$$

Die Ermittlung des Gesamtergebnisses der Bodenfunktion „Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere zum Schutz des Grundwassers (AAA)“ erfolgt durch Integration der Teilfunktionen AAA1, AAA2, AAA3, AAA4 und AAA5. Die Ergebnisse dieser Teilfunktionen sind i.d.R. gleichgerichtet, daher wird die Bodenfunktion AAA integriert mit dem Mittelwert ihrer Teilfunktionen bewertet.

$$\text{AAA} = (\text{AAA 1} + \text{AAA2} + \text{AAA3} + \text{AAA4} + \text{AAA5}) \times 0,2$$

Die Archivfunktion ergibt sich direkt aus der Teilfunktion Archivfunktion für die Naturgeschichte (AF1)

$$\text{AF} = \text{AF1}$$

Schritt 2: aggregierte Gesamtbewertung aufgrund der Anzahl der höchsten Wertstufen und Summe der Wertstufen

Nach dem Schritt 1 stehen für jede der im BBodSchG benannten Bodenfunktionen „die integrierten fünf Wertstufen“, die sich durch Integration der Ergebnisse der Teilfunktionen ergeben werden. Diese fünf Wertstufen stehen für jede Fläche gleichgewichtet nebeneinander.

Im Schritt 2 wird ein Modell für die aggregierte Gesamtbewertung der gemäß Schritt 1 zusammenfassten Bodenfunktionen zur „Bewertung der natürlichen Leistungsfähigkeit“ vorgestellt.

⁵³ Für Ermittlung der Wertzahl der Lebensraumfunktion (LRF) werden hier die Teilergebnisse der LRF2 unter Berücksichtigung der Naturnähe berechnet (vgl. Kap. 10.2.1.2)

Mit diesem Modell wird die natürliche Leistungsfähigkeit in fünf Klassen aufgrund der „Anzahl der höchsten Wertstufen und Summe der Wertstufen der Bodenfunktionen“ bewertet. Die Anzahl der höchsten Wertstufen erhält vorrangige Bedeutung (Tab. 64).

Zur Gewährleistung der Sicherstellung der natürlichen Leistungsfähigkeit wird dabei von den Bodenteilfunktionen jeweils diejenige mit der höchsten Wertigkeit herangezogen (Wertstufen: gut = 2, sehr gut = 1). Für bodenbezogene planerische Entscheidungen, die bodenschützerische Ziele innerhalb des Planungsprozesses berücksichtigen sollen, ermöglicht auch die Bewertung der Leistungsfähigkeit aufgrund der Summe der Wertstufen der Bodenfunktionen die plausible und ausreichende Differenzierung.

Tab. 64: Bewertung der natürlichen Leistungsfähigkeit aufgrund der Anzahl der höchsten Wertstufen und Summe der Wertstufen der Bodenfunktionen

Anzahl der höchsten Wertstufen und Summe der Wertstufen der Bodenfunktionen	Bewertung der natürlichen Leistungsfähigkeit	
	Bezeichnung	Wertstufe
Anzahl der höchsten Wertstufen > 5 oder Summe der Wertstufen > 16	sehr gut	1
Anzahl der höchsten Wertstufen > 2 oder Summe der Wertstufen > 14	gut	2
Anzahl der höchsten Wertstufen = 0 und Summe der Wertstufen 9-12	mittel	3
Anzahl der höchsten Wertstufen = 0 und Summe der Wertstufen 5-8	schlecht	4
Anzahl der höchsten Wertstufen = 0 und Summe der Wertstufen ≤ 4	sehr schlecht	5

Die aggregierte Gesamtbewertung dient in erster Linie dazu, Böden, die als besonders wertvoll bezüglich ihrer natürlichen Leistungsfähigkeit einzustufen sind, zu schützen und ihre natürlichen Funktionen zu erhalten. Aber das vorgeschlagene Verfahren kann auch durch die Einstufung der Böden gemäß ihrer funktionalen Leistungsfähigkeit beitragen, eine optimale Nutzungszuweisung im Stadtgebiet z.B. im Rahmen der **Flächennutzungsplanerstellung in der vorbereitenden Bauleitplanung** als eines der Ziele der Gesamtbewertung zu erreichen. In Anlehnung an das Bewertungsverfahren aus Sachsen (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE, 2005) und FELDWISCH et al. (2006) werden hier praktische Beispiele vorgestellt (Abwägungsempfehlung), um die Ergebnisse der Bodenbewertung hinsichtlich der Gesamtbewertung direkt in die vorbereitende Bauleitplanung (Flächennutzungsplan) zu integrieren⁵⁴ (vgl. Abb. 67):

Die hochwertigen und sehr hochwertigen Böden mit der Wertstufe 2 (= gut) und Wertstufe 1 (= sehr gut) stellen eine „Schutzfläche“ im Stadtgebiet dar, die z.B. vor baulicher Nutzung und sonstigen Beeinträchtigungen geschützt werden muss. Böden mittlerer Wertigkeit (Wertstufe: mittel = 3) wären insbesondere als besonders geeignete Ausgleichsflächen darzustellen. In diesem Zusammenhang gelten diese Böden aus bodenschutzfachlicher Sicht als „Optionsflächen“, die bei überwiegenden

⁵⁴ Diese Vorstellung wird hier vorgelegt, da die Bauleitplanung als eine der Formen der Planung ein zentrales Planungsinstrument in den Städten und Gemeinden ist, mit dem die städtebauliche Entwicklung gesteuert werden kann. Die Bodenfunktionsbewertung besitzt in diesem Zusammenhang ein nützliches Potenzial, um Flächenrecycling und Innenentwicklung transparent und nachhaltig voranzubringen.

anderen privaten oder öffentlichen Belangen im Rahmen der Abwägung für eine bauliche Nutzung oder für bodenbezogene Kompensationsmaßnahmen (Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen) in Frage kommen können. Böden geringer Wertigkeit (Wertstufe: schlecht = 4, sehr schlecht = 5) weisen bezüglich ihrer natürlichen Leistungsfähigkeit eine sehr geringe Funktionserfüllung auf. Diese Böden sollen aufgrund ihrer eingeschränkten Funktionsfähigkeit vorrangig für z.B. bauliche Zwecke genutzt werden.

Diskussion des Bewertungsverfahrens

- Das vorgeschlagene Bewertungsverfahren bewertet anhand der aggregierten Gesamtbewertung die vier im BBodSchG genannten Bodenfunktionen bezüglich ihrer natürlichen Leistungsfähigkeit in fünf Klassen (sehr gut = 1 bis sehr schlecht = 5). Dies ermöglicht eine detaillierte inhaltliche Differenzierung bei der Bewertung der potentiellen Zustände der Bodenfunktionen. Die fünfstufige Differenzierung lässt somit mit Maßzahlen belegbare Prognosen (Aussagen) von Eingriffsfolgen auf das Schutzgut Boden besser als die Bewertung in weniger Klassen (z.B. die 3 Klassen des Berliner Verfahrens⁵⁵). Für andere Fragestellungen, wie z.B. bei der vorbereitenden Bauleitplanung innerhalb des Planungsprozesses, kann eine auf fünfstufiger Differenzierung basierende Bodenbewertung dagegen eher hinderlich sein, weil die Bewertung der Bodenfunktionen in 5 Klassen einen großen Spielraum zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit der Böden erlaubt. Somit kann auch das Ergebnis der Gesamtbewertung des für Berliner Böden entwickelten Verfahrens entsprechend den Wertstufen der Bodenfunktionen dreistufig abgestuft dargestellt werden (vgl. Abb. 67).
- Angelehnt an das BBodSchG, das die Gleichwertigkeit der einzelnen Bodenfunktionen aufweist, werden nach diesem vorgeschlagenen Bewertungsverfahren einzelne Boden(teil)funktionen in ihrer Bedeutung gegenüber anderen Funktionen im Rahmen der aggregierten Gesamtbewertung nicht, im Gegensatz zu den Hamburger- und Münchener Verfahren⁵⁶, hervorgehoben. Das bedeutet, dass der Grundtyp „Maximalwertprinzip“⁵⁷ bei der Gesamtbewertung der vier Bodenfunktionen angewendet wird. Bei diesem Prinzip

⁵⁵ Das Berliner Verfahren bewertet die Bodenfunktionen zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit der Böden in drei Klassen (Gerstenberg & Smettan, 2005).

⁵⁶ In Anlehnung an das Hamburger wird für das Münchener Verfahren die Priorisierung der einzelnen Bodenfunktionen im Rahmen der Gesamtbewertung begründet (Geitner et al. 2007). In diesem Zusammenhang verwenden die beiden Verfahren eine gewichtete „Gesamtbewertung“ der Bodenfunktionen. Die Gewichtung ist hier in der Reihenfolge von Bodenfunktionen nach ihrer Wichtigkeit dargestellt.

⁵⁷ In der Bodenschutzpraxis werden von Feldwisch et al. in ihrer Arbeit drei wesentliche Grundtypen, die drei Alternativen zur zusammenfassenden

Bewertung (aggregierte Gesamtbewertung) darstellen, angewendet. Diese drei Grundtypen werden in verschiedenen Varianten und Mischungen eingesetzt und auch ihre Vor- und Nachteile gezeigt. Diese sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden (Feldwisch et al., 2006, Gerstenberg et al., 2007 und Meuser, Umweltamt Kreis Steinfurt, 2008):

- Priorisierung einzelner Bodenfunktionen anhand von Leitbildern oder Umweltqualitätszielen: einzelne Boden(teil)funktionen werden hier in der Wichtigkeit differenziert. Die Priorisierung erfolgt auf Grundlage spezifischer Besonderheiten der bewerteten Böden. Dementsprechend eignet sie sich sehr gut zur Abbildung regionaler oder auf den Untersuchungsraum bezogener Schwerpunkte beim Bodenschutz.
- Maximalwertprinzip: bei diesem Typ sind die jeweils bewerteten Boden(teil)funktionen grundsätzlich gleichwertig. Dabei bestimmt der höchste Funktionswert der einzelnen Bodenfunktion die aggregierte Gesamtbewertung von Bodenfunktionen. Bei der Anwendung dieses Typs besteht die Wahrscheinlichkeit des Auftretes von großen Anteilen der bewerteten Böden, die als schutzwürdig gekennzeichnet werden.
- Mittelwertprinzip/Summenbildung: bei diesem Typ gehen alle Boden(teil)funktionen mit ihrem Bewertungsergebnis gleichberechtigt in das Gesamtergebnis ein (ohne Gewichtung). In diesem Zusammenhang führt die aggregierte Gesamtbewertung zu einer mittleren Gesamtbewertung und dadurch besteht die Gefahr, dass bodenschützerisch relevante Unterschiede zwischen Flächen (z.B. in der Alternativenplanung) nicht deutlich werden.

bestimmt der jeweils höchste Funktionswert für die einzeln bewerteten Bodenfunktionen den Gesamtwert der bewerteten Flächeneinheit (Bodentyp/Bodenform). Aber für die bodenbezogenen Empfehlungen zum Bodenschutz bzw. zur Nutzung der bewerteten Teilflächen im Rahmen des Planungsprozesses ist es sinnvoll, die Teilergebnisse der einzelnen Bodenfunktionen gegeneinander abzuwägen, so dass die hierarchische Abfolge der Teilergebnisse nach ihrer Wichtigkeit für klare Empfehlungen zum Schutz berücksichtigt werden kann. Diese Priorisierung einzelner Boden(teil)funktionen, die eins von den drei Grundtypen zur zusammenfassenden Bewertung (aggregierte Gesamtbewertung) von Bodenfunktionen in der Bodenschutzpraxis dargestellt und von einem Bewertungsverfahren verwendet wird (z.B. Hamburger- und Münchener Verfahren), wird i.d.R. auf Grundlage spezifischer Besonderheiten des bewerteten Gebiets (z. B. Hamburg, München, etc.) entwickelt und an die speziellen Wertmaßstäbe dieses Gebiets in Abhängigkeit dem Ziel der Bodenfunktionsbewertung im Rahmen konkreter Planungen angepasst. Damit sind die Nachvollziehbarkeit der Bewertungs-ergebnisse und die allgemeine Gültigkeit dieses Verfahrens begrenzt. Deswegen werden im Rahmen dieser Gesamtbewertung des entwickelten Verfahrens für Berliner Böden die einzelnen Bodenfunktionen gegeneinander nicht gewichtet. In diesem Zusammenhang wird die Dominanz einer Bodenfunktion gemindert.

- Bei der ausschließlichen Anwendung des Maximalwertprinzips als Grundtyp für die aggregierte Gesamtbewertung von Bodenfunktionen in Stadträumen besteht die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein sehr hoher Flächenanteil des bewerteten Gebiets als besonders schutzwürdig gekennzeichnet wird. Für Berliner Böden gab es dieses Problem bisher nicht (GERSTENBERG et al., 2007).
- Der Entwurf der Methode der aggregierten Gesamtbewertung des vorgeschlagenen Verfahrens ermöglicht es aber auch, eine Gewichtung einzelner Bodenfunktionen nach ihrer Wichtigkeit in Abhängigkeit von den spezifischen Besonderheiten des bewerteten Gebietes und dem Maßstab der Flächennutzungspläne durchzuführen. Eine Bewertungsklasse der Gesamtbewertung kann dabei eine Wertstufe einer bestimmten Teilfunktion voraussetzen. Z.B. können die Bewertungsklasse 1 oder Bewertungsklasse 2 bei der Bewertung eines Gebiets, das ein erhöhtes Gefährdungspotenzial des Grundwassers durch ein geringes Potenzial als Filter und Puffer von Schwermetallen aufweist, ausschließlich die Wertstufe der Bodenfunktion Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium und/oder die Wertstufe der Funktion Bestandteil im Naturhaushalt voraussetzen. Dabei kann diesen beiden Klassen eine Gewichtung gegeben werden. Somit kann dieses Verfahren eine Gewichtung der Bodenfunktionen nach ihrer Wichtigkeit „gutachterlich“ begründen (In diesem Zusammenhang wurde eine besondere Form der aggregierten Gesamtbewertung für Berliner Böden unter Berücksichtigung der Priorisierung der einzelnen Boden(teil)funktionen im nächsten Kapitel vorgestellt).
- Für die Akzeptanz eines Bewertungsverfahrens des Bodens als neues und weiteres schutzgutbezogenes Instrument stellt die Angemessenheit des Aufwands eine Grundvoraussetzung dar. Außerdem ist die Akzeptanz dieses Verfahren von dem Ziel, das Verfahren für Anwendungen in Fachplanungen einsetzen zu wollen, abhängig. In diesem

Zusammenhang versucht dieses vorgeschlagenen Verfahren gemäß den Bewertungsergebnissen für die einzelnen Boden(teil)funktionen und ihre kartographischen Darstellungen z.B. in thematischen Karten, eine eindeutige, kartographisch darstellbare Planungsaussage, die eine wichtige Basis für die standortgerechte Lenkung unterschiedlicher Nutzungen darstellt und wiederum eine erfolgreiche Kommunikation bodenschützerischer Ziele innerhalb des Planungsprozesses gewährleistet, zu erreichen.

- Es ist nochmals nötig zu erwähnen, dass es sich bei der Methodik der aggregierten Gesamtbewertung dieses vorgeschlagen Bewertungsverfahrens für Metropolen und den resultierenden Ergebnissen (Gesamtaussagen) um einen möglichen Vorschlag handelt. Deswegen erlaubt dieses Verfahren aufgrund der davon möglichen Abweichungen einen Spielraum für gutachterliche Bewertungen, die vor allem von Besonderheiten der zu bewertenden Böden abhängig sind.

Für die Anpassung des vorgeschlagenen Verfahrens an Berliner Böden zu einem räumlichen Planungsfall (z.B. Bauleitplanung) werden hier methodische Vorschläge, die sich durch dieses Verfahren gutachterlich begründen lassen, im Kap. 11 vorgestellt.

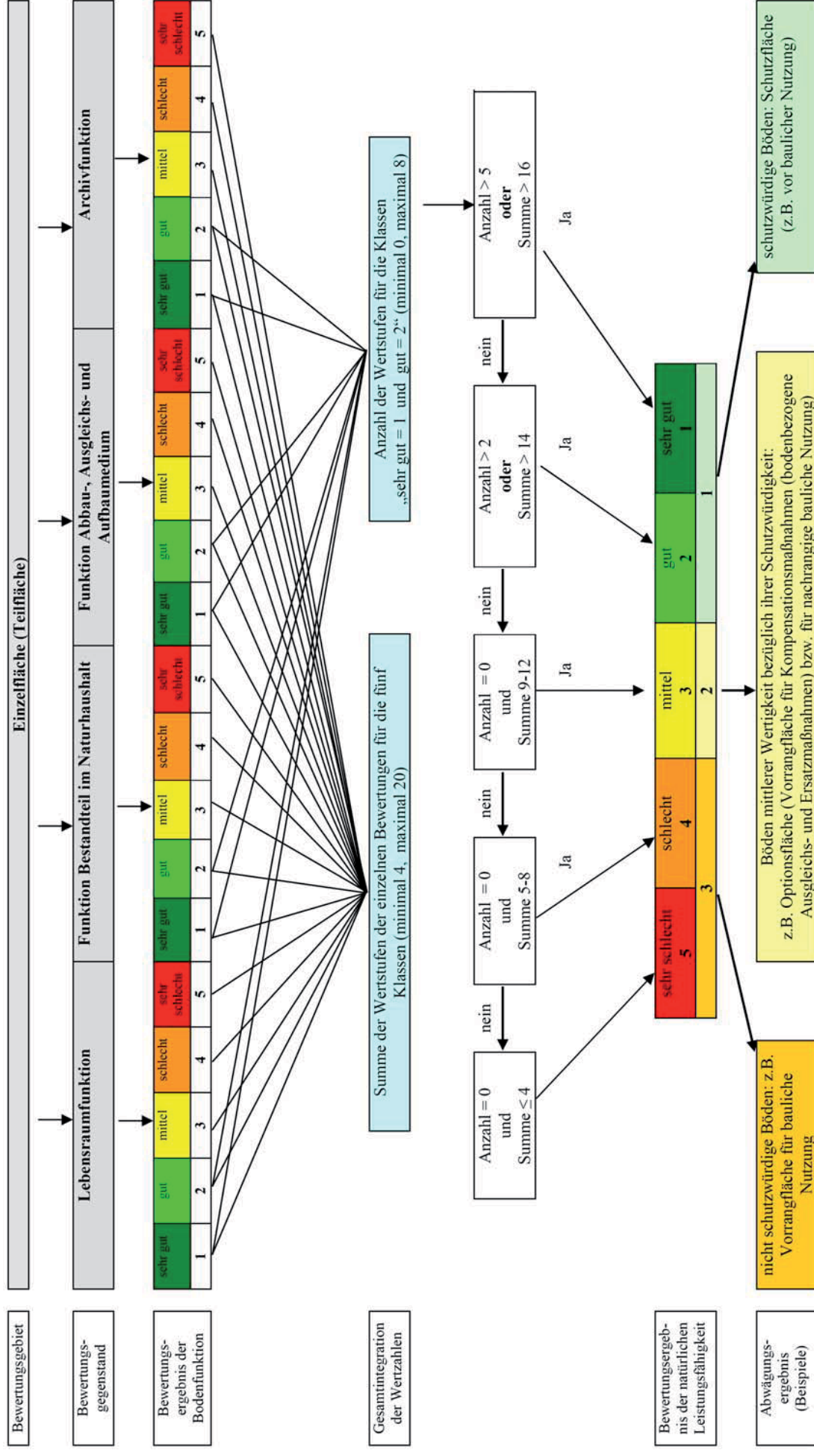


Abb. 67: Allgemeines Ablaufschema für die aggregierte Gesamtbewertung (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an das Berliner Verfahren, das Verfahren aus Sachsen und FELDWISCH et al., 2006)

11 Vorschläge für die Planung

11.1 Maßstab der Ermittlung von Bewertungsparametern zur großmaßstäbigen Bewertung von Stadtböden

Obwohl alle Bewertungsverfahren der Bodenfunktionen und deren Qualität von der Datengrundlage und dem Detaillierungsgrad abhängig sind (MAKKI, 2008), wird oft die Detailuntersuchung aufgrund hohen Zeit- und Kostenaufwandes vermieden und stattdessen auf Interpretationen von Karten und Ableitungen zurückgegriffen. Bei der Verwendung der Bodenkarten zur Bewertung der Bodenfunktionen in den städtischen Räumen wird jedoch die bestehende Problematik nicht nur auf der Planungsebene deutlich. Gerade wenn bei deren Erstellung auf abgeleitete und interpolierte Werte zurückgegriffen werden muss, anstatt auf direkt im Gelände erhobene, erweisen sich diese Karten oftmals auch für größere Gebietseinheiten als zu ungenau. Als Beispiel dienen hier die Karten der Flurabstände (Geländeoberfläche zu Grundwasserspiegel) für das Stadtgebiet Berlin. Der aktuelle Flurabstand ist für die Veränderung der Böden der Stadt und deren bodensystematische Zuordnung entscheidend. Entsprechend den gemessenen Flurabstand-Werten der Testgebiete sind die Abweichungen zwischen Messwerten und Schätzwerten dieser Karten sehr groß⁵⁸. Somit ist die Abschätzung von Kennwerten zur Bodenbewertung durch die Interpretation der Karten problematisch und mit größeren Ungenauigkeiten behaftet.

Im Sinne eines umfassenden Bodenschutzes in urbanen Räumen verlangen die planerischen Anforderungen an Bewertungsverfahren, wie an dieses vorgeschlagene Verfahren, eine Informations- und Datengrundlage, die im Maßstab 1:10.000 oder genauer aufgenommen ist⁵⁹. Nur in dieser Genauigkeit ist es möglich, bewertete Qualität und funktionale Leistungsfähigkeit von Böden hinsichtlich ihrer Funktionen in die planerische Abwägung einfließen zu lassen und somit dem Planungsträger vernünftige Aussagen zu liefern. Außerdem sind Böden in den Stadtregionen, die einen plötzlichen und kleinräumigen Wechsel und somit eine höhere Empfindlichkeit hinsichtlich ihrer Funktionen gegenüber Einwirkungen (Beeinträchtigungen) bzw. einen möglichen Verlust an Bodenpotenzialen aufweisen, nicht als kleiner 1:10.000 aufzunehmen, zu bewerten und darzustellen. In diesem Zusammenhang ermöglicht die Aufnahme und Bewertung im Maßstab 1:10.000 und genauer die notwendigen räumlichen Entwicklungen dieser Böden zu orientieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die bodenkundliche Kartierung von Flächen im Maßstab $\geq 1:10.000$ in Stadträumen und die auf dieser Kartierung basierenden Ableitungen⁶⁰ von Eingangsparametern „die Grundlage“ für die praktische Anwendung der Bewertungsmethoden dieses vorgeschlagenen Verfahrens für planerische Fragestellungen auf der unteren Planungsebene (Maßstab $\geq 1:10.000$) bilden.

11.2 Integration zum Bodenschutz im Rahmen der Raumplanung

⁵⁸ Z.B. sind seit nunmehr 15 Jahren die Flurabstände für das heutige Natur- und Landschaftspark Johannisthal mit 2 - 4 m angegeben, im Umweltatlas 2007 sind es immer noch bis zu 10 m.

⁵⁹ Da die Substrate in der Stadt selbst auf kleinem Raum eine hohe Heterogenität aufweisen, erscheint bei der Bodenkartierung ein großer Maßstab zweckmäßig. Dabei erscheint ein Maßstab von 1:10.000 eine sinnvolle Grenze zwischen der Ebene der Übersicht auf der einen und derjenigen der genauen Planung auf der anderen Seite.

⁶⁰ Die Ableitung von Eingangsparametern lehnt sich vor allem an die Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5).

Wie im Kap. 10.3 dargelegt, besteht das Hauptziel der Gesamtbewertung darin, die natürliche Leistungsfähigkeit von Böden hinsichtlich ihrer „vier“ Funktionen einzustufen und zu sichern und besonders schutzwürdige Böden in Stadträumen zu erhalten. Dabei werden die Bodenfunktionen im Rahmen der Gesamtbewertung nach dem „Maximalwertprinzip“ gleichwertig behandelt, so dass eine Gewichtung einzelner Funktionen nicht vergeben wird, aber es zeigt sich auch, dass die Priorisierung einzelner Boden(teil)funktionen nach ihrer Bedeutung „gutachterlich“ in Abhängigkeit von spezifischen Besonderheiten des bewerteten Gebiets und dem Ziel der Bodenbewertung im Rahmen konkreter Planungen begründet werden sollte.

In diesem Zusammenhang werden hier methodische Vorschläge für Stadtböden -in Anlehnung an die drei im Rahmen dieser Arbeit verglichen Verfahren- (beispielweise Berliner Böden) aus Sicht der Bodenkunde bzw. des Bodenschutzes unterbreitet⁶¹. Diese Vorschläge stellen die Fähigkeit des vorgeschlagenen Bewertungsverfahrens zur Darstellung der Prognose von möglichen Eingriffen und die Möglichkeit der Integration dieses Verfahrens (durch die Differenzierung zwischen den Bodenfunktionen in der Wichtigkeit hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit) in die Raumplanung und dabei vor allem in die Bauleitplanung dar.

Beschreibung des Bewertungsverfahrens

Damit sich die Bemühungen eines umfassenden Bodenschutzes auf Abwehr von Gefahren und möglichen Schäden (z.B. Bodenbelastung) in den Ballungsräumen und Großstädten im Rahmen der Planungsprozesse konzentrieren, ist es sinnvoll, dass auch die funktionale Leistungsfähigkeit von Böden in die planerische Abwägung einfließt. Das Bewertungsverfahren erfüllt das, wenn es neben der großmaßstäbigen Bodenfunktionsbewertung die Fähigkeit hat, aktuelle Zustände von Böden hinsichtlich ihrer Bodenfunktionen und Prognose von Eingriffen im Maßstab flächenscharfer Planungen (Bauleitplanungen, Eingriffsregelung bei geplanten Maßnahmen) darzustellen, wobei im Einzelnen methodische Anpassungen notwendig sind. Also wird der Bodenschutz hier unter dem Aspekt der räumlichen Planung betrachtet.

Die rechtlichen Anforderungen (Grundlagen) von Bodenschutzaspekten, die bodenverändernde Maßnahmen im Rahmen der Planungsprozesse betreffen, werden im Kap. 4.4.1 diskutiert.

Eine Gesamtbewertung anhand der **Gewichtung von Bodenfunktionen** über ein hierarchisch gegliedertes Schema ist vor allem bei der Eingriffs- und Ausgleichsbewertung im Rahmen der verbindlichen und großmaßstäbigen Bauleitplanung unerlässlich. Aber eine zu differenzierte Bodenbewertung kann für andere Fragestellungen wie etwa bei der **vorbereitenden Bauleitplanung** dagegen eher hinderlich sein. Dies gilt besonders für eine erfolgreiche Kommunikation bodenschützerischer Ziele innerhalb des Planungsprozesses (MEUSER, UMWELTAMT KREIS STEINFURT, 2008). Darüber hinaus erfolgt die Priorisierung von Bodenfunktionen nach ihrer

⁶¹ Diese Vorschläge versuchen hier aus Sicht der Bodenkunde sowie des Bodenschutzes, die Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der Böden in der Wichtigkeit zwischen den Bodenfunktionen in Planungsprozesse einfließen zu lassen. Für andere planerische Zielsetzungen müssen andere Empfehlungen gegeben werden.

Wichtigkeit im Rahmen des Planungsprozesses auf Grundlage von spezifischen Besonderheiten der bewerteten Böden des zu bewertenden Gebiets und somit eignet diese Priorisierung sich sehr gut zur Abbildung regionaler oder auf den Untersuchungsraum bezogener Schwerpunkte beim Bodenschutz (GERSTENBERG et al., 2007).

Dementsprechend wird hier für die aggregierte Gesamtbewertung des vorgeschlagenen Verfahrens ein Modell für Berliner Böden vorgestellt, das Elemente der Priorisierung sowie des Maximalwertprinzips beinhaltet.

Das Ziel des Bodenschutzes in der räumlichen Planung und die Bodenfunktionen, die in diesem Zusammenhang nachhaltig gesichert werden sollen, werden im Kap. 4.6.1.3 ausreichend beleuchtet.

In Berlin betrifft der vorsorgende Bodenschutz „als Anforderung an die Bauleitplanung“ innerhalb des Planungsprozesses insbesondere folgende Böden, bei denen das vorgeschlagenen Bewertungsverfahren versucht, die hierarchische Abfolge der Bewertungen ihrer Teilfunktionen an die speziellen Wertmaßstäbe der Stadt Berlin anzupassen :

- Böden, die seltene Zeugnisse der holozänen Landschaftsgeschichte sind, und die Böden, die sich in langer Entwicklungszeit gebildet haben, die Standorte für naturnahe und seltene Pflanzengesellschaften darstellen (Auen, Gleye, Moore)
- Böden, die eine besondere Bedeutung im Zusammenhang mit der Trinkwasserversorgung im Stadtgebiet haben
- Böden, die eine hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit auf landwirtschaftlich genutzten Flächen besitzen (GERSTENBERG et al., 2007)

Diese Böden erfüllen die folgenden Potenziale - aufgelistet in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit in der Tab. 65, die für eine aggregierte Gesamtbewertung für die Bewertung der Leistungsfähigkeit von Böden innerhalb des Planungsprozesses (Bauleitplanung-Flächennutzungsplan und Bebauungs-plan) berücksichtigt werden sollen:

- Potenzial als natürliches Biotop (Feuchtbiotop: mittel bis sehr hoch und Trockenbiotop: hoch bis sehr hoch)
- Böden mit besonderer naturhistorischer Bedeutung (mittel bis sehr hoch)
- Böden mit einer hohen natürlichen Bodenfruchtbarkeit (hohe Wasser- und Nährstoffabgabe an die Pflanzen)
- Böden mit einem hohen bis sehr hohen Versickerungspotenzial für Niederschlagswasser (hohes Infiltrations- und Speichervermögen)
- Böden mit einer hohen Qualität der Grundwasserneubildung im Zusammenhang mit einem hohen Filter - und Pufferpotenzial

Die Tab. 66 und die Abb. 68 zeigt die Bewertung der Leistungsfähigkeit von Böden in fünf Klassen anhand dieses Modells.

Tab. 65: Schema der Bewertung der Potenziale für eine Gesamtbewertung von Bodenfunktionen in der Reihenfolge ihrer Bedeutung für den Bodenschutz im Stadtgebiet Berlin im Rahmen des Planungsprozesses (Bauleitplanung)

Reihenfolge der Wichtigkeit	bewertete Einzelfunktion		bewertetes Bodenpotenzial	Grund für Schutzwürdigkeit gemäß der Einzelergebnisse der Teilbewertungen	Bewertungs-Tabelle des Potenzials
	Bodenfunktion	Symbol der Einzelfunktion			
1a	Lebensraum (LRF2)	LRF2-1a	Potenzial als natürliches Biotop	natürliches Feuchtbiotop mittel bis sehr gut	Tab. 42
1b		LRF2-1b	Potenzial als Trockenstandort	anthropogenes Trockenbiotop sehr gut	Tab. 35
2	Archivfunktion (AF1)	AF1-2	besondere naturhistorische Bedeutung	seltene Zeugnisse der holozänen Landschaftsgeschichte mittel bis sehr gut	Tab. 63
3	Schutz des Grundwassers (AAA5) & Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften (AAA1)	AAA5-3	Potential zur Grundwasserneubildung (qualitativer Aspekt)	Schutz des Grundwassers gut	Tab. 60
		AAA1-3	Bindungsvermögen durch Niederschlagswasser eingetragene Schadstoffe	Schutz des Grundwassers gut	Tab. 51
4	Bestandteil des Naturhaushalts (Nährstoffkreislauf, BNH2 und Wasserkreislauf, BNH1)	BNH2-4	Potenzial zur Wasser- und Nährstoffabgabe an die Pflanzen (natürliche Bedingungen)	natürliche Bodenfruchtbarkeit gut	Tab. 48
		BNH1-4	Versickerungspotenzial für Niederschlagswasser (Infiltrations- und Speichervermögen)	Trinkwasserversorgung gut Schutz vor Hochwässern gut	Tab. 45

Tab. 66: Modell zur aggregierten Gesamtbewertung für die Bewertung der natürlichen Leistungsfähigkeit von „Berliner Böden“ im Rahmen des Planungsprozesses (Bauleitplanung) unter der Berücksichtigung der Grundtypen Priorisierung einzelner Bodenfunktionen und Maximalwertprinzip (mit Verbindung mit Tab. 65 und Abb. 67)

Einzelergebnisse der Bewertungen von Bodenfunktionen (Teilbewertungen)	Bewertung der natürlichen Leistungsfähigkeit	
	Bezeichnung	Wertstufe
<ul style="list-style-type: none"> Wertstufe gut = 2 oder sehr gut = 1 bei der Funktion Lebensraum LRF2-1a oder Wertstufe sehr gut = 1 bei der Funktion Lebensraum LRF2-1b oder Wertstufe sehr gut = 1 bei der Archivfunktion AF1-2 oder Anzahl der höchsten Wertstufen (sehr gut = 1) ≥ 2 bei anderen Funktionen 	sehr gut	1
<ul style="list-style-type: none"> Wertstufe mittel = 3 bei der Funktion Lebensraum LRF2-1a oder Wertstufe mittel = 3 oder gut = 2 bei der Archivfunktion AF1-2 oder Wertstufe gut = 2 bei der Funktion Schutz des Grundwassers AAA5-3 oder Wertstufe gut = 2 bei der Funktion Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften AAA1-3 oder Anzahl der höchsten Wertstufen (gut = 2) ≥ 2 bei anderen Funktionen oder Anzahl der Wertstufen (mittel = 3) ≥ 3 	gut	2
<ul style="list-style-type: none"> Anzahl der Wertstufen (gut = 2) ≥ 1 oder Anzahl der Wertstufen (mittel = 3) ≥ 2 	mittel	3
<ul style="list-style-type: none"> Anzahl der Wertstufen (mittel = 3) ≥ 1 oder Anzahl der Wertstufen (schlecht = 4) ≥ 2 	schlecht	4
<ul style="list-style-type: none"> Anzahl der Wertstufen (schlecht = 4) ≤ 2 	sehr schlecht	5

Diskussion des Bewertungsverfahrens

- Um das vorgeschlagene Bewertungsverfahren hinsichtlich der aggregierten Gesamtbewertung von Berliner Böden transparent zu halten bzw. ein anwendbares und zuverlässiges Instrument zur Entscheidungsfindung im Planungsprozess zu haben, ist es nötig, die Form (Modell) dieser Gesamtbewertung zur Anpassung dieses Verfahrens an die spezifischen Verhältnisse des Stadtgebiets Berlin und an die Planungsanforderungen aus Sicht des umfassenden Bodenschutzes, die in der Planungspraxis relevante unterschiedliche Bedeutung einzelner Funktionen berücksichtigen, zu begründen. Als eine Voraussetzung hierfür soll diese vorgeschlagene Form für Berliner Böden Elemente der Priorisierung sowie des Maximalwertprinzips beinhalten. Darüber hinaus ist die Zusammenfassung der Einzelergebnisse des Verfahrens zu dieser Gesamtbewertung erforderlich oder zumindest sinnvoll zur Integration der Ergebnisse der Bodenbewertung in die Bauleitplanung (Flächennutzungsplanung bzw. Bebauungsplan), mit dem Ziel, Eingriffe in den Boden durch Planungen und Vorhaben aus Sicht des Bodenschutzes zu beurteilen.
- Das vorgeschlagene Bewertungsverfahren garantiert mit diesem Modell die großmaßstäbige Bewertung der Berliner Böden hinsichtlich ihrer funktionalen Leistungsfähigkeit, die in vier Schutzkategorien zum Bodenschutz im Rahmen der Planungsprozesses von GERSTENBERG et al. (2007) gebildet werden⁶². Dementsprechend werden die Funktionen dieser Bodenschutz-kategorien, insbesondere die Funktionen „Lebensraum für natürliches Feuchtbiotop“ und „Archiv-funktion für Landschaftsgeschichte“, die bei einem Eingriff durch Planungen und Bauvorhaben in der Regel völlig zerstört werden und nicht durch andere Fläche im Stadtgebiet ausgleichbar sind, im Rahmen der Bodenbewertung besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Deswegen sind diese Bodenfunktionen hinsichtlich ihrer natürlichen Leistungsfähigkeit wertvoll und schützenswert.
- Für die Verringerung von negativen Folgen, die bei der ausschließlichen Anwendung des Maximalwertprinzips als Grundtyp zur aggregierten Gesamtbewertung „in die höchsten Bewertungsklassen“ entstehen und eine Einstufung der meisten Flächen des Stadtgebiets Berlin mit der Wertstufe „sehr gut“ und wiederum zu einer großflächig hohen Schutzwürdigkeit von Böden hinsichtlich ihrer vier Bodenfunktionen führen, berücksichtigt das Modell dieser aggregierten Gesamtbewertung die Priorisierung der Funktionen nach ihrer Wichtigkeit für den Bodenschutz innerhalb des Planungsprozesses (Bauleitplanung). In diesem Zusammenhang werden die Funktionen, die verschiedene Potenziale erfüllen können (vgl. Tab. 65), zur Erfüllung einer Schutzwürdigkeit, insbesondere der „bedeutenden“- und „sehr hohen“ Schutzwürdigkeit eine Gewichtung gegeben (vgl. Tab. 66). Dabei ist eine „sehr hohe“ Schutzwürdigkeit für Berliner Böden bei hohem oder sehr hohem Potenzial für eine Funktion oder bei zumindest zwei „sehr hoch“ bewerteten Potenzialen gegeben, während

⁶² Zur Ableitung von Konsequenzen für Handlungshinweise und -empfehlungen bei Eingriffen in den Berliner Boden durch Planungen und Bauvorhaben wurden im 2007 von Gerstenberg et al. vier unterschiedliche Schutzkategorien zum Bodenschutz gebildet. Diese Schutzkategorien differenzieren sich in:

- Tabu (Unzulässigkeitsbereich),
- Vorrang 1 (Besonders schutzwürdige Böden),
Vorrang 2 (Sehr schutzwürdige Böden) und Vorrang
- 3 (Schutzwürdige Böden). Jede Kategorie umfasst Funktionen mit bestimmten Wertstufen im Abhängigkeit von ihren Bedeutung in der Planungspraxis (Gerstenberg et al., 2007, S. 15ff.).

eine „bedeutende“ Schutzwürdigkeit bei einem „mittel“ oder „hoch“ bewerteten Potenzial oder bei zumindest zwei „hoch“ bewerteten Potenzialen gegeben ist. Somit erscheint die potenzielle, großflächig hohe Schutzwürdigkeit von einer Funktion, die eine sehr hohe Bewertung erlangt und für den (vorsorgenden) Bodenschutz im Rahmen des Planungsprozesses relevant ist, nicht unbedingt als negativ⁶³.

- In Planungen, die steuernd auf die Flächennutzung wirken (z.B. Landschafts- und Flächennutzungsplan), sind besonders wertvolle Böden des Stadtgebiets Berlin durch Ausweisungen zu sichern. Wie in Kap. 10.3 erläutert, kann dieses Modell der aggregierten Gesamtbewertung von Berliner Böden im Rahmen der „Flächennutzungsplanerstellung in der vorbereitenden Bauleitplanung“ plausible Entscheidungsgrundlagen anhand der Einstufung dieser Böden hinsichtlich ihrer funktionalen natürlichen Leistungsfähigkeit in Nutzungskategorien (Schutzflächen, Optionsflächen, Vorrangflächen für bauliche Nutzungen in den fünf Wertstufen oder in den drei Wertstufen) aus Sicht des Bodenschutzes schaffen. Da die Bauleitplanung in der Regel durch den Landschaftsplan naturschutzfachlich begleitet wird, ist es sinnvoll, das Verfahren für Anwendungen in Fachplanungen wie in die „Landschaftsplanung“ zu integrieren. So wird z.B. die Erhaltung von Böden im Rahmen der zukünftigen Landschaftsentwicklung, die ein hohes natürliches Potenzial als Feuchtstandort hinsichtlich ihrer Lebensfunktion (= hohe Bewertung der Lebensfunktion) aufweisen und noch nicht Biotop im Sinne des BNatSchG geschützt werden, möglich. In diesem Zusammenhang können hier nicht nur die Standorte, die bereits als bestehende Lebensräume für naturnahe und seltene Tier- bzw. Pflanzengesellschaften im Stadtgebiet hoch bewertet werden, sondern auch jene Standorte, die hinsichtlich ihrer Bodenausstattung besonders zur Bildung von Feucht- oder Trockenbiotopen geeignet sind und somit hinsichtlich ihres Potenzials als Trocken- oder Feuchtstandort hoch bewertet werden (vgl. Tab. 66), berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang stellen die Böden, die aus verschiedenen Gründen (z.B. Be- oder Entwässerung, Düngung, sonstige Maßnahmen zur „Bodenverbesserung“) nicht genutzt werden, die ökologische Vorrangfläche im Rahmen der Landschaftsplanung in dem Stadtgebiet dar.
- Damit die Böden, insbesondere wertvolle Böden, aus Sicht des quantitativen Bodenschutzes im Rahmen der Bauleitplanung (Bebauungsplanung) geschont werden können, kann es gleichsam wichtig sein, auch Flächen für bauliche Nutzungen anhand der Bewertung der Beeinträchtigung der Bodenfunktionen auszuweisen. Die Flächen, die vorrangig für eine bauliche Nutzung (Bebauungspläne) in Betracht gezogen werden sollen, sind Böden, die sehr schlechte oder schlechte Leistungsfähigkeit hinsichtlich ihrer Funktionen (= sehr schlechte oder schlechte Funktionserfüllung des Potenzials) aufweisen. Die Böden, die eine hohe Funktionserfüllung für den Wasserhaushalt hinsichtlich ihres hohen Versickerungspotenzials für Niederschlagswasser (= hohe Retention von Niederschlagswasser) im Zusammenhang mit der hohen Funktionserfüllung hinsichtlich ihrer Filter-, Puffereigenschaften (= ihres hohen

⁶³ Bei der ausschließlichen Anwendung des Maximalwertprinzips bewertet das Münchener Bewertungsverfahren die meisten Flächen des Stadtgebiets München als „sehr gut“. Damit wird fast das gesamte Stadtgebiet als „schutzwürdig“ eingestuft. Nach Geitner et al. (2007) „mag die großflächig hohe Schutzwürdigkeit auf den ersten Blick zwar nicht unbedingt als negativ erscheinen, aber schwächt mit Sicherheit die Argumentation eines „lenkenden“ und nicht „verhindernden“ Bodenschutzes und läuft dessen Zielen damit letztlich zuwider“ (Geitner et al., 2007, S. 110)

qualitativen Aspekts der Grundwasserneubildung) aufweisen, sollen vor baulicher Nutzung geschützt werden. Zur Verringerung unvermeidbarer Beeinträchtigungen (z.B. Versiegelungen) und somit zur Verbesserung der Funktionsleistung dieser Böden können hier wasserdurchlässige Beläge wie Schotterrasen, Rasengittersteine, wassergebundene Decken verwendet werden (GEITNER et al., 2007).

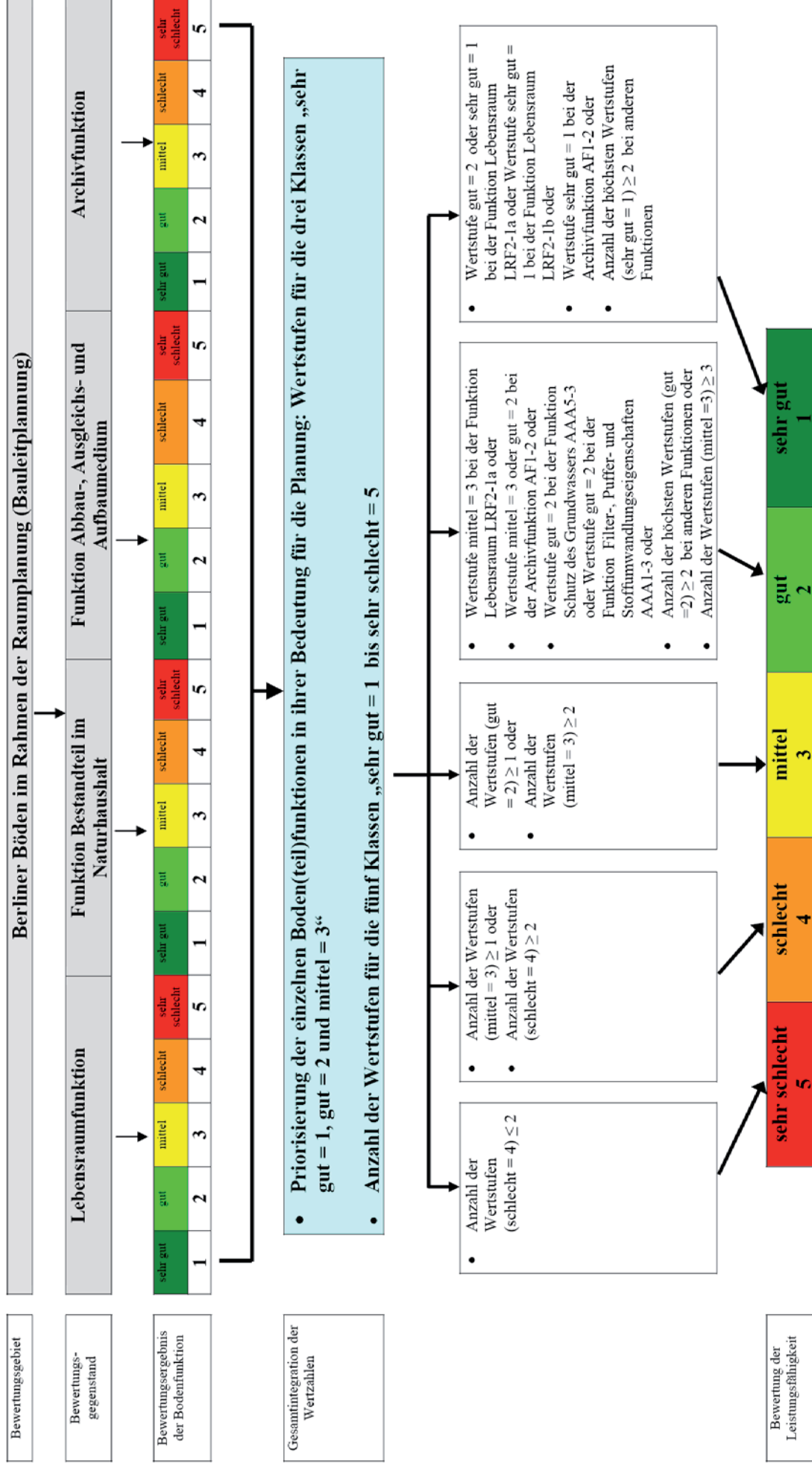


Abb. 68: Allgemeines Ablaufschema für die aggregierte Gesamtbewertung der natürlichen Leistungsfähigkeit von „Berliner Böden“ im Rahmen des Planungsprozesses (Bauleitplanung) unter der Berücksichtigung der Grundtypen Priorisierung einzelner Bodenfunktionen und Maximalwertprinzip (Quelle: eigene Darstellung)

12 Verbesserungsvorschläge und Ausblick

Das Bewertungsverfahren, welches im Rahmen dieser Arbeit als Vorschläge vorgestellt wird, stellt einen ersten Schritt für ein überregional und allgemein anwendbares großmaßstäbiges Bewertungssystem von Bodenfunktionen in Großstädten dar. Darüber hinaus wird durch den dominanten anthropogenen Einfluss in allen Großstädten und Metropolen mit gleichen systematischen Entwicklungen zu rechnen sein. In diesem Zusammenhang ist ein einheitliches europäisches Bodenbewertungsverfahren eine „Zukunftsaufgabe und gleichzeitig Herausforderung“, die auf uns zukommen wird.

Da die großmaßstäbige Bodenbewertung vor allem bei der Eingriffs- und Ausgleichsbewertung im Rahmen der verbindlichen und großmaßstäbigen Bauleitplanung unerlässlich ist, ist das Berliner Bewertungsverfahren, das im Zielmaßstab 1: 50.000 vorgelegt wird, zur Verwendung auf dieser Planungsebene nur sehr eingeschränkt geeignet. Deswegen stellt die Entwicklung eines vollständig überarbeiteten großmaßstäbigen Bewertungsverfahrens für Berlin eine Umsetzung der Erfahrungen aus Untersuchungen und Verfahren, die praktisch für die Beurteilung der Berliner Böden angewendet werden, dar. Dieses vorgelegte Bewertungsverfahren ermöglicht zunächst eine funktionale Bewertung aller, sowohl der natürlichen als auch der anthropogenen Böden hinsichtlich ihrer im BBodSchG genannten Funktionen, und versucht parallel die auf die Bodenfunktion (potenzialen) einwirkenden Eingriffe in ihrer Wirkung zu bestimmen. Schließlich zeigt das Verfahren für einen umfassenden Bodenschutz praktische Vorgehensweisen zur Integration von Bewertungsergebnissen in die räumliche Planung (Bauleitplanung).

Die Herleitung des vorgeschlagenen Verfahrens basiert auf praktischen Ergebnissen und ihren Interpretationen nach dem aktuellen Wissenstand, somit handelt es sich hier um ein „offenes“ Verfahren. Dabei ist die wissenschaftliche Bearbeitung zu einer ständigen Anpassung dieses Verfahrens an den Stand des Wissens für weitere Anwendungen im Rahmen der Planungen nicht nur möglich, sondern auch gewünscht. In diesem Zusammenhang können sich z.B. einige Änderungen an Eingangsparameter oder Auswertungsschritten ergeben.

Das vorgeschlagene Bewertungsverfahren bietet Vorschläge zur aggregierten Gesamtbewertung an, die zeigen, in welcher Form gewonnene Ergebnisse dieses Verfahrens in Planungsprozesse einfließen können. Diese Vorschläge werden aus Sicht der Bodenkunde bzw. des Bodenschutzes in Abhängigkeit von der Kenntnis über (besonders) schutzwürdige Böden gegeben und müssen mit anderen planerischen Zielsetzungen z.B. Regelung von naturschutzrechtlichen Eingriffen bei geplanten Maßnahmen im Rahmen der Planung z.B. mit zuständigen Landschaftsbehörden abgestimmt werden.

Die vorliegende Karte der Leistungsfähigkeit der Böden der Senatsverwaltung der Stadtentwicklung Berlin kann hierbei jedoch aufgrund ihres Maßstabs von 1:50.000 lediglich der Identifizierung von Suchräumen, die z.B. besonders einen plötzlichen und kleinräumigen Wechsel der Böden in den Stadtregionen aufweisen können und somit Vorrangfläche für den Bodenschutz darstellen, dienen. Deswegen spielt auch hier die Kenntnis über (besonders) schutzwürdige Böden im Stadtgebiet Berlin

bei einer großmaßstäbigen Bewertung solcher Böden eine wichtige Rolle. Außerdem ist für die Verwendung der anderen Karten⁶⁴ (1:50.000) als Daten- und Informationsgrundlage zu Bewertungen einzelner Bodenfunktionen zu empfehlen, eine Verbesserung des Informationsgehaltes und der Aussageschärfe dieser Karten durch die Einbindung weiterer Daten- und Kartengrundlagen wie etwa Bodenkarten, die im Rahmen der Untersuchungen (wie diese Arbeit) von Berliner Böden in Maßstäben 1:5.000 und 1:10.000 vorgelegt werden, der Bodenschätzungsdaten, der Biotoptypenkartierung, des Altlastenverdachtsflächendaten und Daten aus Bodenkartierungen durchzuführen. Diese fehlenden und erforderlichen Daten können beispielweise im Rahmen von Qualifikationen ergänzt werden.

Inwieweit das vorgeschlagene Verfahren ein zuverlässiges Instrument zur Entscheidungsfindung im Planungsprozess ist, hängt von Ergebnissen des Testes dieses Verfahren in Untersuchungsgebieten, der Durchführung einer umfassenden Bodenfunktionsbewertung, der Möglichkeit seiner Inhalte, in Planungsprozesse bei der Bauleitplanung oder bei der Umweltverträglichkeitsprüfungen einzufließen, und der politischen Entscheidung ab.

Dieses vorgeschlagene Bewertungsverfahren, das auf der Basis der Datengrundlage der bodenkundlichen Kartierung im Zielmaßstab 1:5.000 - 1:10.000 zur Bewertung der funktionalen Leistungsfähigkeit von Böden in Großstädten hinsichtlich ihrer natürlichen Funktionen und Archivfunktionen und zur Prognose im Maßstab flächenscharfer Planungen (Bauleitplanungen, Eingriffsregelung) erstellt wird, ist zur Verwendung auf der verbindlichen Planungsebene (verbindliche Bauleitplanung) geeignet. Aber aufgrund des regionalen Bezugsrahmens des Verfahrens, der anhand der spezifischen Verhältnisse des Naturraums der Stadt Berlin aufgestellt wurde, empfiehlt es sich hier, dieses Bewertungsverfahren an Bebauungsplänen (B-Plänen) zu testen. Dies kann zu einigen Änderungen in den Auswertungsschritten des Verfahrens führen.

Prinzipiell ist das Verfahren für Anwendungen in Fachplanungen wie der Landschaftsplanung im Rahmen der zukünftigen Landschaftsentwicklung anwendbar (z.B. Erhaltung einer mit naturnahen Lebensräumen oder sonstigen natürlichen Landschaftselementen reich oder vielfältig ausgestatteten Landschaft). Aber für Verfahren der Eingriffs- und Ausgleichsregelung ist eine Erweiterung des entwickelten Bewertungsverfahrens erforderlich.

Für weitere Entwicklungen der Bodenfunktionsbewertung in Planungsprozessen in den Gebieten von Großstädten sind folgende methodenbezogene Schwerpunkte und deren relevanten Grundlagen weiter zu arbeiten:

- Zur Bewertung der Lebensraumfunktion weisen die verschiedenen Bewertungsverfahren aufgrund der Komplexität dieser Bodenfunktion noch keine geeigneten Kriterien auf, die diese Bodenfunktion umfassend erfassen könnten (STASCH, 2004). Damit ist es hier notwendig, diese Funktion in einheitlich gehandhabte Teilfunktionen zu unterteilen und diese Teilfunktionen durch einheitliche Kriterien zu bewerten. Dies gilt auch für die in die

⁶⁴ Hier liegen Karten des digitalen Umweltatlases Berlin im Maßstab 1:50.000 für das gesamte Land Berlin vor. Es ist sehr wichtig, diesen Vorteil für die großmaßstäbige Bodenbewertung zu nutzen.

Bewertung dieser Teilfunktionen einfließenden Parameter. Dies führt zur auf Hypothesen basierenden Bewertung, die eine weitere Überprüfung zur optimalen Bestimmung von Eingangsparameter benötigt.

- Das vorgeschlagene Bewertungsverfahren bewertet die Wasserhaushaltsbestandteile, welche die wesentliche Aufgabe des Bodens hinsichtlich seiner Funktion als Bestandteil des Wasserkreislaufs darstellen können. Aber die Bewertungsmethodik erfolgt hier auf der Grundlage messbarer Bodeninformationen und teilweise der Flächennutzung. In diesem Zusammenhang orientiert sich die Methode, insbesondere bei der Veränderung der Nutzung (z.B. Versiegelungsgrad) und des anthropogenen Einflusses (z.B. Verdichtung), am aktuellen Wissenstand. Es wäre wünschenswert, die Methodik auf bodenkundliche Eingangsparameter zurückzuführen.
- Von aktuellem Einfluss des Grundwassers ist die Bewertung verschiedener Potenziale direkt und indirekt abhängig (z.B. die Potenziale, die von Funktionen des Wasserkreislaufes erfüllt werden). Die Bewertung dieser Potenziale, insbesondere für die semi-terrestrische Böden und (Nieder)Moorböden in Stadtgebieten, erfordert exakte, aktuelle Daten (z.B. aktueller Flurabstand), um die Qualität der Bewertung dieser Böden hinsichtlich ihrer Funktionen und somit ihrer funktionalen Leistungsfähigkeit zu verbessern.
- Da die verschiedenen Schadstoffgruppen im Boden aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften ein unterschiedliches Abbauverhalten aufweisen, kann das Vermögen des Bodens zum mikrobiellen Abbau organischer Schadstoffe hinsichtlich seiner Funktion als Medium bei der Umwandlung von organischen Schadstoffen (derzeit) nicht umfassend methodisch bewertet werden. Zur Verbesserung dieser Bewertung wäre es wünschenswert, methodische Lücken, die durch verschiedene Beziehungen zwischen mikrobieller Abbauleistung organischer Schadstoffe und Eigenschaften des Bodens hinsichtlich seiner Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften aufgewiesen werden, anhand weiterer fachlichen Diskussionen z.B. um Humusformen zu füllen. Für die Bewertung der Abbauleistung von organischen Schadstoffen für „Grünland-, Brach- und Ackerstandorte“ existiert im Rahmen dieses vorgeschlagenen Verfahrens keine fachlich abgestimmte Methodik.
- Die Methode zur Bewertung des Puffervermögens für saure Einträge verwendet zahlreiche profilbezogene Eingangsparameter, deren Erfassung mit einem hohen Aufwand möglich ist. Es wäre gut, diese Methode empirisch basierend auf eine breite Datenbasis von Berliner Böden umzustellen. Diese Methode in ihrem aktuellen Zustand muss durch empirische Prüfung von Substraten von Torfen weiter erarbeitet werden.
- Für eine zuverlässige Bewertung der Archivfunktion ist es notwendig, die Vorgehensweise dieser Bewertung weiter fachlich und ausreichend zu diskutieren. In diesem Zusammenhang ist die Bewertung der Seltenheit derzeit noch mit relativen Unsicherheiten behaftet. Diese Unsicherheiten hängen vor allem von Schwierigkeiten ab, die während der Bewertung auftreten. Dabei ist zum einen die Definition des Bezugsraumes umstritten (Landschaftsraum, Bundesland, Bundesrepublik). Zum anderen ist die Definition der Bezugsgröße (bodensystematische Einheit) nicht geklärt (Bodentyp, Bodenform,...). Die Bewertung dieser Funktion erfordert detaillierte Kenntnisse über Böden im Rahmen der Bauleitplanung bzw.

im Rahmen der Bebauungsplanung, die im Regelfall im Großmaßstab abläuft. Da diese Kenntnisse aber aus den mittel- bzw. kleinmaßstäbigen Karten nicht erfasst werden können⁶⁵, sollte eine detaillierte bodenkundliche Kartierung durchgeführt werden. Somit kann der Wert eines Bodens als Archiv eigentlich nur am konkreten Profil diskutiert werden. Schließlich lässt sich sagen, dass die Bewertung dieser Funktion zurzeit ohne „gutachterliche“ Beurteilung nicht erfolgen kann. In diesem Zusammenhang sollten regional und lokal relevante Kriterien berücksichtigt werden (z.B. Besonderheiten von Böden hinsichtlich ihrer naturgeschichtlichen Entstehung). Somit ist für eine höhere Sicherheit bei der Bewertung dieser Funktionen eine Verbesserung der Erfahrungen aus der Anwendungspraxis erforderlich.

- Die Bewertung der Archivfunktion muss erweitert werden, so dass das Verfahren eine Methode zur Bewertung der Funktion Boden als Archiv der Kulturgeschichte umfasst.
- Die Fähigkeit eines Bodens, anorganische Schadstoffe zu binden, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Einer von diesen Faktoren ist der Stoffeintrag aus der Luft (z.B. die Deposition von Reifenabrieb und Schwermetallen wie Antimon), der für die Bodenbildung wichtig ist, dessen Ausmaß und Auswirkung auf die Böden aber noch nicht ausreichend erforscht sind.
- Die Großstädte wie Berlin sind pedologisch gesehen eine Senke für organische und anorganische Schadstoffe, besonders Kohlenstoff. Unter strengen Auflagen wird versucht, den anthropogenen Eintrag der Schadstoffe zu minimieren. Der Kohlenstoff, besonders der Anteil von an Kalk gebundenem Kohlenstoff, ist nicht erfasst. Häufig werden durch Baumaßnahmen hohe Einträge von Kohlenstoff in kurzer Zeit in den Ballungsräumen und Großstädten beobachtet. Dieser rasche Wechsel der Bedingungen macht es schwierig und spannend, Aussagen über den Haushalt und Kreislauf vieler Stoffe zu treffen (MAKKI, 2008). Dahingehend sind für zukünftige Untersuchungen im Rahmen der Bodenbewertung Modellierungsdaten auf Planungsebene ($> 1:10.000$) notwendig. z.B. in der Planungsebene ($> 1:10.000$) müssen Modellierungen der Flurabstände vorgenommen werden, um damit gezielt nach verborgenen oder potentiellen Nassstandorten zu suchen.
- Zur Verbesserung des Kenntnisstandes hinsichtlich des Zusammenhangs von Landnutzung und Bodeneigenschaften sollten bisher nicht ausreichend untersuchte Fragen in Zukunft weiter bearbeitet werden (GEITNER et al. 2007) wie z.B.

- Wie haben historische und gegenwärtige Formen von Bodennutzung den natürlichen Bodenaufbau und somit die Bodeneigenschaften verändert? Daraus gibt sich die nächste Frage:

- Wie kann man nach heutigem Kenntnisstand bei der Erfassung dieser Veränderungen alle in einem Boden gespeicherten Informationen erkennen?

⁶⁵ Die alleine auf Karten 1:50.000 (wie Karten von Berlin) basierende Funktionsbewertung einiger Bodenfunktionen im Rahmen der Bauleitplanung kann nur eine grobe Ersteinschätzung geben. In diesem Zusammenhang sollte eine detaillierte bodenkundliche Kartierung in Verbindung mit der Aufnahme ergänzender Parameter stattfinden. Aber bei der Bodenfunktionsbewertung im Rahmen der Bebauungsplanung, die im Regelfall im Maßstab 1:500 bis 1:5.000 abläuft, muss unbedingt, wenn diese großmaßstäbigen Karten nicht vorhanden sind, eine Bodenkartierung erfolgen.

- Wie geeignet bzw. wie empfindlich ist eine bestimmte Teilfläche aufgrund dieser Eigenschaften für geplante Nutzungen?
- Welche Potenziale, die diese Teilfläche erfüllt, werden in welchem Ausmaß von geplanten Nutzungsänderungen beeinflusst?
- Um die Belange des Bodenschutzes im Rahmen der Planungsprozesse, insbesondere in Planungs- und Zulassungsverfahren (z.B. Bauleitplanung, Straßenbau), adäquat zu berücksichtigen, muss die Bewertung der relevanten Bodenfunktionen rechtlich sicherer verankert werden. Dies erfolgt wohl nur über das exemplarische Ausfechten von Rechtsstreitigkeiten. In diesem Zusammenhang sollen Umweltverbände als Träger öffentlicher Belange Planungsvorhaben in Stadtregionen penibel auf die fachgerechte Berücksichtigung des Schutzguts Boden prüfen und diese ggf. rechtlich einfordern. Dies führt wiederum zu der Notwendigkeit, eine eigene Strategie zum Bodenschutz und eine Methode zur Operationalisierung des vorbeugenden und nachsorgenden Bodenschutzes zu entwickeln, mit dem Ziel, eine zwischen den Beteiligten (politische Entscheidungsträger wie z.B. Behörden, Planungsdienstleister, Öffentlichkeit) weitgehend abgestimmten Handlungskonzeption zum Bodenschutz zu erstellen.
- Trotz des Stellenwerts, den der Komplex Boden in städtischen Planungsprozessen bislang erhalten hat (BÍRÓ et al., 2008), bleibt zu hoffen, dass auch zukünftig eine rege Auseinandersetzung damit gewährleistet sein wird. Die bereits bestehende gute Datenbasis von Bodenbewertungen sollte erweitert und mit anderen Bereichen der Ökologie und Stadtplanung vernetzt oder vereinheitlicht werden, um Fragestellungen gezielt nachgehen zu können. Dies aber erfordert, dass Vorgaben zur Ermittlung der Eingangsparameter und Datenformate im Rahmen der Bodenbewertung vereinheitlicht werden. Dies führt wiederum zur Verbesserung der Vergleichbarkeit dieser Daten und Ergebnisse sowie zur Übertragbarkeit der Methode ihrer Erfassung. Außerdem ist es notwendig, die Verfügbarkeit dieser einheitlichen Daten für die Planungsdienstleister mit Schutzziele abzustimmen. Dies führt auch zur Idee der Einheitlichkeit der zu bewertenden Kriterien von Bodenfunktionen auf Bundesebene, wofür die vorliegende Arbeit ein erster Schritt sein soll.

Letztlich lässt sich sagen, dass die Bodenfunktionsbewertung allein die Böden nicht vor der Zerstörung ihrer natürlichen Merkmale, Strukturen und Funktionen schützt. In diesem Zusammenhang kann durch Einbinden der Öffentlichkeit in umweltbezogene Planung sowie Stärkung des öffentlichen Bewusstseins für den Boden als schutzwürdiges Objekt eine „Sensibilisierung“ und damit ein „bewusster Umgang“ mit der natürlichen Ressource Boden und seiner Bedeutung für das Ökosystem geschaffen werden.

Quellenverzeichnis

13 Literatur-Quellen

AD-HOC-AG BODEN - Ad-hoc-Arbeitsgruppe Bodenkunde der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in der BRD (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA4, 4. Auflage). - Hannover.

AD-HOC-AG BODEN - Ad-hoc-Arbeitsgruppe Bodenkunde der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in der BRD (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5, 5. Auflage). - Hannover.

AD-HOC-AG BODEN - Ad-hoc-Arbeitsgruppe Bodenkunde der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in der BRD, Personenkreis „Grundlage der Bodenfunktionsbewertung“ (2003): Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Gefahr der Entstehung schädlicher Bodenveränderungen sowie der Nutzungsfunktion "Rohstofflagerstätte" nach BBodSchG. In Zusammenarbeit mit der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) - online verfügbar unter <http://www.bgr.bund.de>; [Umschlagtitel: Methodenkatalog Bodenfunktionsbewertung], *Arbeitshefte* 2003/2. - Hannover.

AD-HOC-AG BODEN - Ad-hoc-Arbeitsgruppe Bodenkunde der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in der BRD, Personenkreis „Grundlage der Bodenfunktionsbewertung“ (2007): Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Nutzungsfunktion „Rohstofflagerstätte“ nach BBodSchG sowie der Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion und Verdichtung. In Zusammenarbeit mit der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), 2. überarbeitete und ergänzte Auflage.- Hannover.

ALBRECHT, E. & RITZ, N. (2006): Bodeninformationssysteme und Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden, Eberhard Karls Univ. Tübingen (unveröffentlicht).

AMT FÜR UMWELTSCHUTZ STUTTGART (2006): Bodenschutzkonzept Stuttgart. Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, *Heft 4/2006*. - Stuttgart.

ASSMANN, P. (1957): Der Geologische Aufbau der Gegend von Berlin. Zugleich als Erläuterung zur geologischen Karte und Baugrunderkennung von Berlin (West) im Maßstab 1 : 10 000.- Senator für Bau- und Wohnungswesen. - Berlin.

AUBENDORF, M., DANNER, CH. (2003): Methoden zur Bewertung von Bodenfunktionen für planerische Anwendungen, Bayerisches Geologisches Landesamt und Bayerisches Landesamt für Umweltschutz.

BAASCH, A. (1999): Methodischer Vergleich von Titrationsverfahren zur Bestimmung der Säureneutralisationskapazitäten von Böden. Unveröff. Dipl. am Institut für Bodenkunde, Univ. Hamburg.

BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (2000): Leitfaden zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen in Bayern - Kurzfassung.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (2003): Das Schutzgut Boden in der Planung - Bewertung natürlicher Bodenfunktionen und Umsetzung in Planungs- und Genehmigungsverfahren. - München.

BFN (2000): Wiederherstellungsmöglichkeiten von Bodenfunktionen im Rahmen der Eingriffsregelung. Angewandte Landschaftsökologie, *Heft 31. F + E - Vorhaben 808 02 007* Bundesamt für Naturschutz. - Bonn-Bad Godesberg.

(BGR) BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE. - Hannover (2008): unter <http://www.bgr.bund.de>

BILL, R. (1996): Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Band 2, Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen; Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH. - Heidelberg.

BILL, R. (2007): Grundlagen der Geo-Informationssysteme 1/2. Kombipaket: Bd. 1: Hardware, Software und Daten. Bd 2: Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen; Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH. - Heidelberg.

BILL, R.; FRITSCH, D. (1994): Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Bd. 1, Hardware, Software und Daten; Wichmann Verlag. - Karlsruhe.

BÍRÓ, P. & HELLER, C. & MAKKI, M. (2007): Bodenkundliche Detailkartierung als Grundlage der Landschaftsplanung am Beispiel des Naturschutzgebietes Johannisthal in Berlin. In: Berliner Geogr. Arbeiten 108, S. 77-87.

BÍRÓ, P., SCHRÖDER, H. & MAKKI, M. (2007): Stadtbodenkartierung und Klassifizierung -Probleme und Vorschläge. In: Berliner Geogr. Arbeiten 138, S. 11-28.

BLUME, H-P. SUKOPP H. (1976): Ökologische Bedeutung anthropogener Bodenveränderungen, Schriftenreihe Vegetationskunde 10, 75-89. - Bonn Bad - Godesberg.

BLUME, H-P. (1990): Handbuch des Bodenschutzes-Bodenökologie und -belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. - Landsberg/Lech.

BLUME, H.-P. (2004): Handbuch des Bodenschutzes, 3. Auflage. - Landsberg am Lech.

BORKEL, F. (2007): Der Einsatz von Geoinformationssystemen, löp 2007: Ökosystemdynamik im Hochgebirge/Gemmi.

BUNDESMINISTER DES INNEREN (1985): Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung. Deutscher Bundestag, Drs. 10/2977.

DAVID, S., LEHMANN, A. & STAHR, K. (2004): Klassifizierung von Bodenbewertungssystemen im Bereich der Alpenraumländer. Unveröff. im Auftrag der Stadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt. Stand 2004, Univ. Hohenheim.

DICKSCHAS, U. (2001): Bestimmung der Säureneutralisationskapazität natürlicher und anthropogener Substrate. Zur Beurteilung ihrer Prognostizierbarkeit und Erstellung einer Klassifizierung für eine funktionale Bodenbewertung norddeutscher Böden. Unveröff. Diplomarbeit an der Univ. Hamburg.

EGLI, M. & PETER, D. (1997): Abschätzung der relativen Verdichtungsgefährdung von Böden im Kanton Luzern. Räumliche Modellierung mit einem geographischen Informationssystem. Amt für Umweltschutz, Kanton Luzern. FaBo, Fachstelle Bodenschutz. - Kanton.

ERBE, S. (2008): Landschaftsökologische und pedologische Analyse der Tiefwerder Wiesen in Berlin-Spandau. Diplomarbeit, Humboldt-Univ. Berlin (unveröffentlicht).

FELDWISCH, N., BALLA, S. & C. FRIEDRICH (2006): Orientierungsrahmen zur zusammenfassenden Bewertung von Bodenfunktionen. Im Auftrag der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). - Bergisch Gladbach und Herne.

FITTSCHEN, R. & GRÖNGRÖFT, A. (2000): Einrichtung zweier Spülflächen im Rahmen der Unterhaltungsbaggerung Schwinge/Stader Hafen. Bodenkundliche Untersuchung und gutachterliche Stellungnahme zur Prüfung der Schutzgüter Wasser und Boden. Unveröffentlichter Bericht an das Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg.

FUCHS, M., (2002): Methoden zur objektiven Ableitung von Bodenkarten im Folgemaßstab - Unterstützung der geometrisch-begrifflichen Generalisierung von Bodenkarten durch erweiterte Werkzeuge in einem Geo-Informationssystem, Dissertation an der Freien Univ. Berlin.

GEITNER, C., TUSCH, M.M.; DITTFURTH, J. (2007): Fachplan Boden der Landeshauptstadt München, Bewertung natürlicher Bodenfunktionen. -Textliche Erläuterungen -. Abschlussbericht des Projekts KATI (Konkrete Anwendung von TUSEC-IP).- Innsbruck, München - Stand April 2007.

GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN (2004): Auskunftssystem Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen, Bearbeitungsmaßstab 1:50 000, mit Themenkarte "Schutzwürdige Böden", Ausschnitt: NRW, Fortführungsstand: 2004. - Hrsg. Geol. D.-Landesbetrieb- Nordrh.-Westf. - Krefeld. - [als CD-ROM].

GERSTENBERG, J. & SMETTAN, U. (2005): Erstellung von Karten zur Bewertung der Bodenfunktionen - Umsetzung der im Gutachten von Lahmeyer aufgeführten Verfahren in Flächendaten - Unveröff. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, Stand 31.01.2008.
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_text/la112_gerstenberg_smettan.pdf

GERSTENBERG, J., SIEWERT, W., SMETTAN, U. (2007): Leitbild und Maßnahmenkatalog für einen fachgerechten Bodenschutz in Berlin. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Stand 10.12.2007. - Berlin.

GERSTENBERG, J.H. & SMETTAN, U. (2001): Erstellung von Karten zur Bewertung der Bodenfunktionen, im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. - Berlin.

GESCHWINDER, M. (1997): GIS-gestützte Bodenbewertung als Entscheidungshilfe in der ökologischen Planung - Dargestellt am Beispiel einer Umweltverträglichkeitsuntersuchung zum Ausbau des Dortmund-Ems Kanals Diplomarbeit, Westfälischen Wilhelms-Univ. zu Münster.

GODBERSEN, L. (2007): Variationsbreite und ökologischer Zustand der Böden des Berliner Flughafens Tempelhof. Diplomarbeit, Humboldt-Univ. Berlin (unveröffentlicht).

GRABOWSKY, K. & SCHWANK, S. (2006): Teilgutachten zum Schutzgut Boden, Unterlage H.3, Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU).- im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg.

GRENZIUS, R. (1987): Die Böden Berlins (West), Doktorarbeit an der technischen Universität Berlin. - Berlin.

HOCHFELD, B., A. GRÖNGRÖFT, MIEHLICH, G. (2000): Funktionale Bewertung von Böden bei großmaßstäbigen Planungsprozessen: Konzept und offene Fragen eines für die Stadt Hamburg entwickelten Verfahrens. In: Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 93:15-18.

GRÖNGRÖFT, A., HOCHFELD, B. & MIEHLICH, G. (1999): Funktionale Bewertung von Böden bei großmaßstäbigen Planungsprozessen – Bewertungsverfahren. Unveröff. Gutachten im Auftrag der Umweltbehörde Hamburg. Überarbeitete Fassung Stand 29.08.2001.

GRÖNGRÖFT, A., HOCHFELD, B. & MIEHLICH, G. (2001): Ist die Bewertung der Lebensraumfunktion im Rahmen der Bodenschutzplanung machbar?. Mitt. Deutsch. Bodenkundl. Ges. 96/1723-724.

HEINEKE, H. J. ET AL. (1995): Vorschlag zum Aufbau des Fachinformationssystems Bodenkunde - Profil-, Flächen- und Labordatenbank - Methodenbank. In: Geol. Jb., F 30, S. 3-82. - Hannover.

HELLER, C. (2008): Rammsondierungen zur Untersuchung von horizontalen und vertikalen Bodendichteunterschieden. Ein Vergleich zweier Standorte im Berliner Stadtgebiet. In: Berliner Geogr. Arbeiten 138, S. 29-40.

HILLEL, D. (1980): Fundamentals of Soil Physics. - New York.

HINTERMAIER-ERHARD, G. & ZECH, F. (1997): Wörterbuch der Bodenkunde, Spektrum Akademischer Verlag.

HOCHFELD, B. (1999): Funktionale Bewertung von Böden bei großmaßstäbigen Planungsprozessen - Anwendungstest am Beispiel Billwerder und Sülldorf. Unveröff. Diplomarbeit an der Univ. Hamburg.

HOCHFELD, B. (2004): Bodenfunktionsbewertung- Entwicklung eines Verfahrens zur planerischen Bewertung von Bodenfunktionen in Hamburg unter besonderer Berücksichtigung eines praxisnahen Vergleiches bestehender Methoden. Doktorarbeit an der Univ. Hamburg.

HOCHFELD, B., A. GRÖNGRÖFT, MIEHLICH, G. (2000): Darstellung von Vorranggebieten für den Bodenschutz in Hamburg. Unveröff. im Auftrag der Umweltbehörde Hamburg.

HOCHFELD, B., A. GRÖNGRÖFT, MIEHLICH, G. (2002): Klassifikationssystem zur Bewertung der Leistungsfähigkeit und Schutzwürdigkeit der Böden als Entscheidungshilfe für die Raumplanung unter Berücksichtigung des Bodenschutzes. Abschlussbericht im Auftrag des Umweltbundesamts.

HOCHFELD, B., A. GRÖNGRÖFT, MIEHLICH, G. (2003): Großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung für Hamburger Böden - Verfahrensbeschreibung und Begründung. Im Auftrag der Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg W2. Endbericht, Stand Juni 2003.

HONRICH, H. (2006): Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt, die Situation des vorsorgenden Bodenschutzes in der Landeshauptstadt München (Vortrag 05.12.2006).

JAHN, R., BLUME, H-P., ASIO, V. B. (2006). Field Guide for Soil Description, Soil Classification and Soil Evaluation. - Halle, Selbstverlag.

KATZER, S. (2002): Einsatz von Mikroemulsionen zur Behandlung schwermetallkontaminierter und organisch belasteter Böden. Doktorarbeit an der Technischen Univ. Bergakademie Freiberg.

KÖGEL-KNABNER, I. (2002?): Ressourcenmanagement aus der Sicht eines Funktionen sichernden Bodenschutzes, Technische Univ. München.

KÖSTLER, H. & STÖHR, M. (1994) in: Sauer, C. & Steinlein, P. (1994): Pflege- und Entwicklungsplan für den ehemaligen Flugplatz Johannisthal (Berlin- Treptow). - Berlin.

LAHMEYER INTERNATIONAL GMBH (2000): Bodenschutzkonzeption für das Land Berlin, Bericht zur Phase II, Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung.- Berlin (unveröffentlicht).

LAMBRECHT, H., ROHR, A., KRUSE, K. & ANGERSBACH, J. (2003): Zusammenfassung und Strukturierung von relevanten Methoden und Verfahren zur Klassifikation und Bewertung von Bodenfunktionen im Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit. Endbericht (Text und Anhang) im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). -Hannover.

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE UND BERGWESSEN SACHSEN-ANHALT (2006): Böden und Bodeninformationen in Sachsen Anhalt, Bodenbericht, Band 11. - Sachsen Anhalt.

LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE SACHSEN (2001): Leitfaden Bodenschutz bei Planungs- und Genehmigungsverfahren. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. - Dresden.

(LAU) LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ LANDES SACHSEN-ANHALT (LAU) (1998): Bodenschutz in der räumlichen Planung - eine Methode zur Wertung und Wichtung von Bodenfunktionen, Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt. -Halle, *Heft 29*.

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART (2006): Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS). - Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, *Heft 4* . - Stuttgart.

LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (2003): Anforderungen des Bodenschutzes bei Planungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg - Handlungsanleitung. Titelreihe "Fachbeiträge des Landesumweltamtes": *Heft- Nr. 78*. - Potsdam (Aktualisierung des gleichnamigem Heftes von 1998).

LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (1998): Anforderungen des Bodenschutzes bei Planungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg - Handlungsanleitung. Fachbeiträge 29.

LEHMANN, A.; DAVID, S.; STAHR, K. (2006): TUSEC (Technique of Urban Soil Evaluation in City Regions), Eine Methode zur Bewertung natürlicher und anthropogen überformter Böden.- Bodenkundlicher Leitfaden. Ein Beitrag für Arbeitspaket 7 "Bodenbewertung" für das Projekt TUSEC-IP angefertigt im Rahmen der EU Gemeinschaftsinitiative INTERREG III B Alpenraum. - (Koordination Arbeitspaket 7: Universität Hohenheim). - Hohenheim.

LIEBEROTH, I. (1982): Bodenkunde. - Berlin.

LIEBIG, W., MUMMENTHEY, R-D. (2008): ArcGIS-ArcView 9 1/2. Bd. 1: ArcGIS-Grundlagen. Bd. 2: ArcGIS-Geoverarbeitung; 2. aktualisierte Auflage, Points Verlag Norden. - Halmstad.

LIMBERG, A. (1991): Erläuterungen zur Geologische Karte von Berlin 1:10000, Blatt 425 und 426. Senatverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz IV, Landesökologie [Hrsg.).

MAKKI, M. (2008): Gedanken über eine erfolgreiche interdisziplinäre Zusammenarbeit bei der Untersuchung von Stadtböden am Beispiel Berlin. In: Berliner Geogr. Arbeiten 138, S. 1-10.

MATTHEß G. (1990): Die Beschaffenheit des Grundwassers. Lehrbuch der Hydrogeologie Bd.2, 2. Auflage. Gebrüder Borntraeger Berlin Stuttgart.

MEUSER, H. (2008): „Bodenfunktions-, Eingriffs- und Kompensationsbewertung für den Kreis Steinfurt“ im Auftrag des Umweltamts -Untere Bodenschutzbehörde.

MILLER, R., PETER, M., SAUER, S. & VORDERBRÜGGE, TH. (2005): Landesweite Auswertungskarten zum Bodenschutz für Hessen und Rheinland-Pfalz. - DBG-Mitteilungen 2005, 107 (2), S. 749-750.

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN RHEINLAND-PFALZ (2005): Schutzwürdige und schutzbedürftige Böden in Rheinland-Pfalz. - Mainz.

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN WESTFALEN (2007): Schutzwürdige Böden in Nordrhein-Westfalen - Bodenfunktionen bewerten. Referat Bodenschutz, Altlasten, Deponien. - Düsseldorf.

MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATUR UND FORSTEN SCHLESWIG-HOLSTEIN (1996): Bodenschutzprogramm - Ziele und Strategien des Bodenschutzes in Schleswig-Holstein. - Kiel.

MOHAMED, A. M. (2006): Variationsbreite metropoler Böden am Beispiel des Landschaftsparks Johannisthal- unter Anwendung von GIS. Diplomarbeit, Humboldt-Univ. - Berlin (unveröffentlicht).

MÖLLER, M. & HELBIG, H. (2005): GIS-gestützte Bewertung von Bodenfunktionen - Datengrundlagen und Lösungsansätze; Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH. - Heidelberg.

MÜLLER, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS), , 6. Auflage. - Hannover.

MÜLLER, U. (2004): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). Hrsg.: Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung , 7. erweiterte und ergänzte Auflage. - Hannover.

MUNSELL (2000): Munsell Soil Color Charts, year 2000 revised washable edition, Gretag- Macbeth . - NY.

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (2008): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen, GeoBerichte 8 . - Hannover.

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UND BODENFORSCHUNG (2003): Schutzwürdige und schutzbedürftige Böden in Niedersachsen. - Hannover.

PFAU, J.H. (2000): Entwurf und Implementierung eines Datenmodells für Bodendaten zur datenbankgestützten Integration von Methoden der physischen Geographie, Diplomarbeit, Univ. Hannover.

PLATH-DREETZ, R., WESSOLEK, G. & RENGIER, M. (1988): Analyse von Bodengesellschaften, Versiegelung, Vegetation und Grundwasserflurabstand zur Bestimmung der Grundwasserneubildung in Berlin. Teil 2, Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung . - Berlin.

PREETZ, H. (2003): Bewertung von Bodenfunktionen für die praktische Umsetzung des Bodenschutzes (dargestellt am Beispiel eines Untersuchungsgebiets in Sachsen-Anhalt), Doktorarbeit an der Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg.

PRESS, F. & SIEVER, R. (2007): Allgemeine Geologie, 5. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag.

RASCHKE, N. (1992): Auswertung von Bodenkarten mit Hilfe Geographischer Informationssysteme sowie digitaler Fernerkundungsdaten. Doktorarbeit vom Fachbereich Geographie der Philipps-Univ. Marburg.

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2000): Ableitung von Bodenfunktionskarten für Planungszwecke aus dem Fachinformationssystem Boden. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, unveröff.

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2005): Bodenbewertungsinstrument Sachsen . - Dresden.

SAVRIC, I. (2001): Einflussfaktoren auf die Bindung und Mobilität organischer und anorganischer Stoffe in kontaminierten Rieselfeldböden. Doktorarbeit an der Technischen Univ. Berlin.

SAUER, C.& STEINLEIN, P. (1994): Pflege- und Entwicklungsplan für den ehemaligen Flugplatz Johannisthal (Berlin- Treptow). - Berlin.

SAUER, S., MILLER, R., PETER, M. & VORDERBRÜGGE, TH. (2003): Bodenfunktionsbezogene Auswertung von Bodenschätzungsdaten für Hessen und Rheinland-Pfalz Methodenentwicklung. - Mitt. Dtsch. Bdkl. Ges. 102/*Heft 2*, 557-558.

SCHAEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde, 15. Auflage . - Heidelberg.

SCHLICHTING, E. & BLUME, H.-P. (1966): Bodenkundliches Praktikum von Ernst Schlichting und Hans-Peter Blume von Parey (Broschiert - 1966).

SCHLICHTING, E.; BLUME, H.-P., STAHR, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum, *Pareys Studentexte 81*, Blackwell. - Berlin.

SCHRAPS, W. G. & SCHREY, H. P. (1997): Schutzwürdige Böden in Nordrhein-Westfalen - bodenkundliche Kriterien für eine flächendeckende Karte zum Bodenschutz, Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 160: 407-412.

SCHREY, H. P. (2004): Karte der Schutzwürdige Böden in Nordrhein-Westfalen 1:50.000 - zweite Auflage-. - Krefeld (Geol. Dienst Nordrh.-Westf.). - (Unveröff.).

SCHREY, H. P., PETER, H. (2005): Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen, Bearbeitungsmaßstab 1 : 50.000. - Krefeld (Geol. Dienst Nordrh.-Westf.). - (Unveröff.).

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG BERLIN (2003): Grundlagen für die Unterschutzstellung „LSG Pichelswerder/Tiefwerder Wiesen/Grimnitzsee ; Bearbeitung Gramsch, M., Dezember 2003.

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG BERLIN (2006): Merkblatt zur Berücksichtigung der Belange des vorsorgenden Bodenschutzes in Umweltberichten nach § 2 Abs.4 BauGB. Stand 08.03.2006. - Berlin.

STASCH, D. (2004): Bodenbewertung in Stadtregionen der Alpenraumländer. Literaturstudie im Auftrag der Stadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt. Stand April 2004. - Hohenheim.

STASCH, D., STAHR, K., SYDOW, M. (1991): Welche Böden müssen für den Naturschutz erhalten werden?, *Berliner Naturschutzblätter 35(2)*, S. 53 - 64.

STUMM W., MORGAN J.J. (1996): Aquatic Chemistry. 3. Auflage. John Wiley and Sons New York.

ULBRICHT, J. (2002): Bodenbericht des Landes Mecklenburg-Vorpommern - Phase 1 des Bodenschutzprogramms Mecklenburg-Vorpommern. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie.

UMLANDVERBAND FRANKFURT (1998): Methoden zur Umweltbewertung in Umweltschutz und Landschaftsplanung des Umlandverbandes Frankfurt: Boden. -Umweltschutzbericht Teil VIII, Umweltbewertung, Band 1, 21 - 48. - Frankfurt am Main.

UMWELTBEHÖRDE HAMBURG (2000): Workshop "Bodenfunktionsbewertung" am 11. Apr. 2000, Hansestadt. - Hamburg (Unveröff.).

UMWELTBUNDESAMT (2009): unter <http://www.umweltbundesamt.de>

UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit - Leitfaden für die Planung und Gestattungsverfahren. Umweltministerium Baden-Württemberg, Luft, Boden, Abfall, *Heft 31*. - Stuttgart.

UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (2006): Das Schutzgut Boden in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung, Arbeitshilfe, 1. Auflage. - Stuttgart.

VDLUFA (1991): Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Band 1. - Darmstadt.

WOLFF, G. (2006): Das Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS) - messen, planen und steuern der Bodeninanspruchnahme. - Tagungsband Altlastentag Hannover. - Suderburg.

14 Normen-, Gesetze-, und Verordnungen-Quellen

DIN 1483-12 (?): Bestimmung des Element Hg.

DIN 19683-1 (1973): Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau - Physikalische Laboruntersuchungen - Teil 1: Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung durch Siebung.

DIN 19683-4 (1973): Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau - Physikalische Laboruntersuchungen - Teil 4: Bestimmung des Wassergehaltes des Bodens.

DIN 19684-8 (1977): Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau; Chemische Laboruntersuchungen - Teil 8: Bestimmung der Austauschkapazität des Bodens und der austauschbaren Kationen.

DIN 38406-22 (1988): Bestimmung der Elemente (As, Cd, Cu, Ni, Tl, Cr, Fe, Pb, Zn, Sb) durch Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES).

DIN ISO 11265 (1997): Internationale Organisation für Normung (engl. International Organization for Standardization); Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit.

DIN ISO 11272 (2001): Internationale Organisation für Normung (engl. International Organization for Standardization); Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der Trockenrohdichte.

DIN ISO 11885 (2008): Internationale Organisation für Normung (engl. International Organization for Standardization); Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von ausgewählten Elementen durch induktiv gekoppelte Plasma-Atom-Emissionsspektrometrie (ICP-OES).

DIN 19684-3 (2000-2008): Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau Chemische Laboruntersuchungen - Teil 3: Bestimmung des Glühverlusts und des Glührückstands.

BAUGB (2004): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23.09.2004 (BGBl. I S. 2414) zuletzt geändert durch Gesetz vom 24.12.2008 (BGBl. I S. 3018) m.W.v. 01.07.2009 Stand: 01.09.2009 aufgrund Gesetzes vom 17.12.2008 (BGBl. I S. 2586).

BAUNVO (1990): Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO). - Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBl. I S. 133), geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. April 1993 (BGBl. I S. 466).

BBODSCHG (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG). - Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 9. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3214). <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bbodschg/gesamt.pdf>

BBODSCHV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). - Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 23. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3758). <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bbodschr/gesamt.pdf>

BIMSchG (2002): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG). - Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18. Dezember 2006 (BGBl. I S. 3180).

BNatSchG (2002): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz BNatSchG). - Bundesnaturschutzgesetz vom 25. März 2002 (BGBl. I S. 1193), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S. 666).

BodSchätzG (2007): Gesetz zur Schätzung des landwirtschaftlichen Kulturbodens (Bodenschätzungsgesetz - BodSchätzG) vom 20. Dezember 2007 (BGBl. I S. 3150, 3176).

Landeskulturgefetz (1970): Gesetz über die planmäßige Gestaltung der sozialistischen Landeskultur der DDR vom 14. Mai 1970.

Richtlinie 2001/42/EG (2001): Richtlinie 2001/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2001 über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L 197/30-L 197/37.

ROG (1997): Raumordnungsgesetz (ROG). – Raumordnungsgesetz vom 18. August 1997 (BGBl. I S. 2081, 2102), zuletzt geändert durch Artikel 10 des Gesetzes vom 9. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2833).

UVPG (1990): Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG). - Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 25. Juni 2005 (BGBl. I S. 1757, 2797), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 21. Dezember 2006 (BGBl. I S. 3316). 23. September 2004 (BGBl. I S.2414), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. Dezember 2006 (BGBl. I S.3316).

UVPVwV (1995): Allg. Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung. Bundesregierung, GMBI 1995, S. 671.

15 Karten- und Luftbilder-Quellen

GEOLOGISCHE KARTE VON BERLIN (1991), Blatt 425, im Maßstab 1:10.000, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.

GEOLOGISCHE KARTE VON BERLIN (1991), Blatt 413, im Maßstab 1:10.000, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.

GEOLOGISCHE SKIZZE VON BERLIN (2007) im Maßstab 1:50.000, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin.

HISTORISCHE GEOLOGISCHE KARTE VON BERLIN (1937), Blatt 3547 Köpenick, im Maßstab 1:25.000.

HISTORISCHE GEOLOGISCHE KARTEN VON BERLIN (1937), Blatt Tempelhof, im Maßstab 1:25.000.

KARTE „BIOTOPTYPEN DES EHEMALIGEN FLUGPLATZES ADLERSHOF“ (NATUR- UND LANDSCHAFTSPARK JOHANNISTHAL) (2006), im Maßstab 1:2000, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.

KARTE „VEGETATIONSARTEN JOHANNISTHAL (1994), im Maßstab ca. 1:2.000, für Pflege- und Entwicklungsplan im ehemaligen Flugplatz Johannisthal (Berlin- Treptow); Berlin, Quelle: Köstler & Stöhr (1994).

KARTE 01.01 „BODENGESELLSCHAFTEN“, im Maßstab 1: 50 000 in Umweltatlas für Berlin, Ausgabe 2005, Berlin: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia101.htm>

KARTE 01.12.1 „LEBENSRAUMFUNKTION FÜR NATURNAHE UND SELTENE PFLANZENGESELLSCHAFTEN“ im Maßstab 1: 50 000 in Umweltatlas für Berlin, Ausgabe 2006, Berlin: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/da11201.htm>

KARTE 01.12.2 „ERTRAGSFUNKTION FÜR KULTURPFLANZEN“ im Maßstab 1: 50 000 in Umweltatlas für Berlin, Ausgabe 2006, Berlin: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/da11202.htm>

KARTE 01.12.3 „PUFFER- UND FILTERFUNKTION“ im Maßstab 1: 50 000 in Umweltatlas für Berlin, Ausgabe 2006, Berlin: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/da11203.htm>

KARTE 01.12.4 „REGELUNGSFUNKTION FÜR DEN WASSERHAUSHALT“ im Maßstab 1: 50 000 in Umweltatlas für Berlin, Ausgabe 2006, Berlin: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/da11204.htm>

KARTE 01.12.5 „ARCHIVFUNKTION FÜR DIE NATURGESCHICHTE“ im Maßstab 1: 50 000 in Umweltatlas für Berlin, Ausgabe 2006, Berlin: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/da11205.htm>

KARTE 01.12.6 „LEISTUNGSFÄHIGKEIT DER BÖDEN ZUR ERFÜLLUNG DER NATÜRLICHEN BODENFUNKTIONEN UND DER ARCHIVFUNKTION“ im Maßstab 1: 50 000 in Umweltatlas für Berlin, Ausgabe 2006, Berlin: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/da11206.htm>

KARTE 02.07 „FLURABSTAND DES GRUNDWASSERS“, im Maßstab 1: 50 000 in Umweltatlas für Berlin, Ausgabe 2007, Berlin: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ib207.htm>

KARTE 02.12 „GRUNDWASSERHÖHEN DES HAUPTGRUNDWASSERLEITERS UND DES PANKETALGRUNDWASSERLEITERS“ im Maßstab 1: 50 000 in Umweltatlas für Berlin, Ausgabe 2008, Berlin: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ij212.htm>

KARTE 06.01 „REALE NUTZUNG DER BEBAUTEN FLÄCHEN“ im Maßstab 1: 50 000 in Umweltatlas für Berlin, Ausgabe 2004, Berlin: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ib601.htm>

KARTE 06.02 „GRÜN- UND FREIFLÄCHENBESTAND“ im Maßstab 1: 50 000 in Umweltatlas für Berlin, Ausgabe 2004, Berlin: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ib601.htm>

KARTE 12.3.4 „VERSICKERUNG AUS NIEDERSCHLÄGEN OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DER VERSIEGELUNG“, im Maßstab 1: 50 000 in Umweltatlas für Berlin, Ausgabe 2007, Berlin: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/db213_05.htm#C5

KARTEN „MAßNAHMENHINWEISE (2003), „ALTLASTEN“ (2003), „NUTZUNG“ (2003), „BIOTYPEN“ (2007) und FFH-KARTE (2007), Maßstab 1:5.000 für Gebiets Pichelswerder/Tiefwerder Wiese, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.

TOPOGRAPHISCHE KARTE VON BERLIN (1999), Blatt 425, im Maßstab 1:10.000, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.

TOPOGRAPHISCHE KARTE VON BERLIN (2001), Blatt 413, im Maßstab 1:10.000, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.

TOPOGRAPHISCHE KARTE VON BERLIN (2002), Blatt 402, im Maßstab 1:10.000, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.

TOPOGRAPHISCHE KARTE VON BERLIN (2003), Blatt 402 a u. b, im Maßstab 1:5.000 (digital), Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.

TOPOGRAPHISCHE KARTE VON BERLIN (2003), Blatt a, b, c, im Maßstab 1:5.000 (digital), Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.

TOPOGRAPHISCHE KARTE VON BERLIN (2005), Blatt 425 d, im Maßstab 1:10.000, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.

COLOR-INFRAROT LUFTBILDER (2005), Maßstab 1:5.000, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.

GOOGLEEARTH-LUFTBILDER (2005), (2006), (2007) und (2008).

LUFTBILDER (1944, 1945 und 1989), im Maßstab 1:10.000, 1:4.000 (Teilflächen)

LUFTBILDER (August 2004), im Maßstab 1:4.000 (Teilflächen) und 1:10.000 (Teilflächen), Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.

SCHWARZWEIß-LUFTBILDER (1944 und 1945), Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.

16 Internet-Quellen

<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>: Boden-Berichte unter:

[http://www.fachdokumente.lubw.baden-](http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/199/?COMMAND=DisplayAll&FIS=199&OBJECT=199&MODE=BER)

[wuerttemberg.de/servlet/is/199/?COMMAND=DisplayAll&FIS=199&OBJECT=199&MODE=BER](http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/199/?COMMAND=DisplayAll&FIS=199&OBJECT=199&MODE=BER)

www.bgr.bund.de: Informationsgrundlagen im Fachinformationssystem Bodenkunde (FISBo BGR), unter:

http://www.bgr.bund.de/cln_101/nn_334064/DE/Themen/Boden/Informationsgrundlagen/information_sgrundlagen__inhalt.html

www.tusec-ip.org: TUSEC-IP: Technique of Urban Soil Evaluation in City Regions- Implementation in Planning Procedures.

www.dwd.de: DWD - Deutscher Wetter Dienst (2006), Mittlere Klimadaten aus dem Beobachtungszeitraum 1960-1990.

Entwicklung eines großmaßstäbigen kartographisch- und GIS-gestützten Bewertungsverfahrens für suburbane Böden in Berlin

Anlagen-Band

Tabellen	S.246
Abbildungen	S.275
Karten	S.300

Anmerkung: Der Maßstab der Karten ist 1:5.000 für die Testgebiete „Natur- und Landschaftspark Johannisthal“ und „Tiefwerder Wiese-Spandau“ und 1: 10.000 für das Testgebiet „Flughafen Tempelhof“. Die Karten wurden im A3-Format angefertigt auf A4-Format verkleinert.

Tab. 5: Wichtige GIS-Analyseverfahren in der Datenanalyse in GIS

(Quelle: BORKEL, 2007, modifiziert)

	Verfahren/Funktion in der Datenanalyse (Bearbeitung und Auswertung)	Anwendungsbeispiele
Geometrische Verfahren	Flächenüberlagerung und -verschneidung Bei der Überlagerung von geometrischen Objekten entstehen durch das Schneiden der Objektklinien neue zusätzliche geometrische Objekte mit zusammengeführter Attributtabelle (alle oder ausgewählte Attribute) erzeugt. Die Vektorverschneidung schneidet Polygone mit Punkten oder Linien und Flächen, so dass neue Schnittpunkte entstehen. Rasterverschneidung (Flächenverschneidung) kann durch logische/ mathematische Operatoren verknüpft sein. Sie ist die geometrische Überlagerung von Flächen mit Flächen, Flächen mit Linien oder Flächen mit Punkten. Verschneidungen sind also nicht als einfaches Überlagern und entsprechendes Darstellen zu verstehen, sondern stellen eine komplexe GIS-Methode dar.	Eignungsbewertung von Flächen durch Verschneidung von Flächen unterschiedlicher Layer mit geeigneten Kriterien. (z.B. erhält man bei einer Verschneidung der Informationsebenen Boden und Nutzung eine Entscheidungsgrundlage, um die Hemerobie-stufen oder Naturnähe von bewerteten Böden zu bestimmen).
	Pufferung Diese erfolgt durch Erzeugung neuer thematischen Schichten (Distanzfläche) durch Zonengenerierung um punkt-, linien- oder flächenförmige Objekte (innen und außen).	Zur Bildung neuer Flächen (z.B. Uferzone um einen See), zur Einflussuntersuchung von Objekten auf die Umgebung (z.B. Emissionen), zur Zonierung durch Schachtelung von Puffern.
	Netzwerkanalyse basiert auf Linien und Netzen (Kanten und Knoten) und berechnet Kantenlängen (ggf. auch ihre Attributwerte) und bestimmt Knoteneigenschaften.	Bestimmung des besten Wegs (geometrisch, topologisch oder attributiv), des besten Standorts nach Erreichbarkeit/Einzugsgebiet, des besten Reiserundwegs.
Topologische Verfahren	Nachbarschaftsanalyse Auswahl von Objekten einer Ebene in Abhängigkeit der räumlichen Beziehungen, die innerhalb einer bestimmten Umgebung um ein Objekt liegen.	z.B. Auswahl aller Flächen mit bestimmtem Abstand zu einer Linie, Bestimmung der Dichte von Objektverteilungen.
	Datenabfrage Mit Abfragesprachen werden Daten aus einer Datenbank abgefragt. Sie erlauben mit Hilfe eines logischen Ausdrucks auf die Sachdaten (Attribute) oder einer geometrischen Bedingung, Objekte auszuwählen. SQL (Standard Query Language) ist zum Beispiel eine solche Sprache. Sie arbeitet unabhängig für jede Datenbank, die diese Sprache unterstützt.	zum Anzeigen aller Objekte mit bestimmter Kriterien als neue Datenebene. (z.B. alle Bodentypen, die in einer Bodeneinheit liegen und deren Humusschicht > 3 dm ist).
Statistische Verfahren	Berechnung Die Berechnung erfolgt durch integrierte mathematische Analysefunktionen in GIS. So kann beispielsweise der Abstand zwischen zwei Objekten gemessen werden. Die Berechnung der Feldgröße oder des Umfangs eines Grundstückes ist ebenso möglich, wie die Berechnung von Volumen bei digitalen Höhenmodellen (Geländemodell).	zur Flächenberechnung (Gesamtfläche aller Flächen der Bodeneinheiten im definierten Gebiet, deren Grundwasserflurabstand < 14 dm). Volumenberechnung in 3D-Modellen (z.B. bei Geländemodellen).
	Interpolation Interpolation umfasst verschiedene Methoden z.B. über Dreiecksnetze, Wichtung der Distanzen, Mittelwerte oder Autokorrelation.	zur Umwandlung von unregelmäßig verteilten Punktdaten in flächenhafte Daten und damit zur Erzeugung von Oberflächen aus erfassten Daten.
	Aggregation Aggregation erfolgt durch Übertragung von Daten kleinräumiger Objekte auf größere mit Attributübertragung (zusammenfassend/ neu kodiert).	zur Datenverdichtung (z.B. Zusammenfassung verschiedener Laubwaldarten zu einem Vegetationstyp).

Tab. 7: Anwendbarkeit der Bodenbewertungsmethoden auf Grundlage der Bodendatenverfügbarkeit in den oberen, mittleren und unteren Planungsebenen in den drei Städten Berlin, Hamburg und München.

(Quelle: eigene Aufstellung)

Stadt	Maßstab/ Fläche	Anwendbarkeit aufgrund Maßstabsbezug bzw. Datengrundlage (PE= Planungsebene, X= Methode der Bewertung angewendet)			Aufgabe	Bodenfunktionsbewertung
		Obere PE	Mittlere PE	Untere PE		
Berlin	1:50.000		X		Bestrebungen des nachhaltigen Bodenschutzes für die gesamte Fläche im Stadtgebiet.	Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen und der Archivfunktion.
Hamburg	≥ 10.000			X	Bodenbewertung im Rahmen großmaßstäbiger, flächenbezogener Planung.	Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen, der Archivfunktion und der Nutzungsfunktion „Standort für landwirtschaftliche Produktion“. Anthropogen veränderte Böden wurden hier berücksichtigt.
München	1: 500 bis 1: 5.000 1:25.000		X	X	Bodenschutz in der Raumplanung und Betrachtung der Nutzung von Böden (ökologisch) sowie von Böden (Flächen) im Stadtgebiet, die durch aktuelle bzw. geplante Nutzungen beeinträchtigt und/oder geschädigt und/oder zerstört werden.	Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen, der Archivfunktion und der Nutzungsfunktion „Standort für landwirtschaftliche Produktion“. Anthropogene veränderte Böden wurden hier berücksichtigt.
	10.000 bis 1: 100.000	X				

Tab.8: Methoden zur Bewertung der Bodenteilfunktionen nach dem Berliner Verfahren 2005 (BE), dem Hamburger Verfahren 2003 (HH) und dem bayerischen Verfahren 2007 (MN).
(Quelle: eigene Darstellung)

Nr.	Verfahren	Bodenteilfunktion	Beschreibung/Methode	Kriterien	Eingangsparameter	Datengrundlage
1- Lebensgrundlage und Lebensraum für den Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen (LRF)						
1.1	BE	Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen (naturnähe und seltene Pflanzengesellschaften)	Zunächst werden Böden entsprechend ihrer Standortfeuchte (nasse Böden), ihrer nFK (trockene Böden), der KAK_{eff} (Nährstoffarmut), der regionalen Selteneit und aufgrund von Nutzungsausschlüssen als Sonderstandorte definiert. Anschließend werden die Sonderstandortstypen mit dem Parameter Naturnähe in einer Matrix verschnitten.	<ul style="list-style-type: none"> - Naturnähe - besondere Extremstandorte (Sonderstandorte) 	<ul style="list-style-type: none"> - Regionale Selteneit der Bodengesellschaft - Nutzbarer Feldkapazität (nFK) - Effektive Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}) - Nutzung - Naturnähe 	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenschätzung aus digitaler Bodengesellschaftskarte - Flächennutzungskarte - Versiegelungskarte
1.2	BE	Ertragsfunktion für Kulturpflanzen	Die Böden werden anhand der nFK und des Flurstandes bezüglich der Bodenfeuchte und anhand der Summe der austauschbaren Kationen (S-Wert) bezüglich der Nährstoffversorgung eingestuft. Die Summe beider Einzelbewertungen wird zu einer dreistufigen Gesamtbewertung verknüpft.	<ul style="list-style-type: none"> - Fähigkeit des Bodens zur Wasser- und Nährstoffabgabe an die Pflanzen 	<ul style="list-style-type: none"> - Nutzbarer Feldkapazität (nFK) - Flurstand - S-Wert 	<ul style="list-style-type: none"> - digitale Bodengesellschaftskarte - Flurstandskarte
1.3	HH	Lebensraum für Menschen	Bewertung von erhöhter Schadstoffbelastung für die zu bewertende Fläche anhand von besorgnisbegründenden Momenten wie Nutzungsgeschichte, Nähe zu Emittenten und Inaugenscheinahme des Substrats. Für Böden sind aktuell die Wertlisten der BBodSchV maßgeblich.	<ul style="list-style-type: none"> - Schadstofffreiheit des Oberbodens 	<ul style="list-style-type: none"> - Schadstoffgehalte im Oberboden nach BBodSchV - Bodenart - Humusgehalt 	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenkartierung nach KA4
1.4	HH	Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen	Die Selteneit der standortrelevanten Bodeneigenschaften wird für jeden Bohrpunkt durch die Einstufung der Parameter KAK_{pot} , pH-Wert und Hydromorphie Merkmale beurteilt. Die Bewertung erfolgt über den Parameter mit der besten Einstufung.	<ul style="list-style-type: none"> - Naturnähe - Selteneit der standortrelevanten Bodeneigenschaften 	<ul style="list-style-type: none"> - KAK_{pot} & pH-Wert des Oberbodens - Nutzung - Substratabfolge - Horizontabfolge - besondere Merkmale 	<ul style="list-style-type: none"> - Die Daten stehen im Allgemeinen nicht über Kartenwerke zur Verfügung, sondern müssen parzellenscharf erhoben werden.
1.5	MN	Bodenbelastung durch stoffliche Einwirkungen	Aufgrund des Mangels von Daten über die stoffliche Bodenbelastung im gesamten Stadtgebiet werden sämtliche Einträge im Kataster der Altlastenstandorte und Altlastenverdachtsflächen dargestellt (bestimmte Schwermetalle und organische Schadstoffe gemäß BBodSchV und auch in Sinne BBodSchG).	<ul style="list-style-type: none"> - stoffliche Belastung durch stoffliche Einwirkungen 	<ul style="list-style-type: none"> - stoffliche Bodenbelastung (Schadstoffgehalt, gemessen bzw. Hinweise auf Schwermetalle und organische Schadstoffe) gemäß BBodSchG und BBodSchV 	<ul style="list-style-type: none"> - Daten über die stoffliche Belastung (Messwerte für ausgewählte Stoffgruppen)
1.6	MN	Potenzial als Trockenstandort	Die Bewertung dieser Funktion erfolgt anhand der Bewertung von mittlerer nutzbarer Feldkapazität im Durchwurzelungsraum der einzelnen Bodentypen und einem nutzungsabhängigen Zuschlag zum Skelettgehalt in Anlehnung an unterschiedliche Untersuchungen. Hier wird das Potenzial als Trockenstandort als einzelne Flächeneinheiten in fünf Klassen eingeteilt.	<ul style="list-style-type: none"> - Wasserspeichervermögen im Durchwurzelungsraum - Erhöhung der Biodiversität 	<ul style="list-style-type: none"> - Skelettgehalt - Horizontierung - nutzbarer Feldkapazität - Nutzung (tw. Versiegelungsgrad) - Bodenform 	<ul style="list-style-type: none"> - Standortkundliche Bodenkarte 1:50.000
1.7	MN	Potenzial als Feuchstandort	Mit dieser Methode werden erst Niedermoore und Übergangsmoore, Gleye und Moorgleye und als Gleisanlagen genutzte Flächen in drei Kategorien klassifiziert bewertet (sehr hoch bis sehr gering). Die restlichen Kategorien werden nach der mittleren nutzbarer Feldkapazität im Durchwurzelungsraum kategorisiert.	<ul style="list-style-type: none"> - Einfluss von Grundwasser - Erhöhung der Biodiversität 	<ul style="list-style-type: none"> - Skelettgehalt - Horizontierung - nutzbarer Feldkapazität - Nutzung (tw. Versiegelungsgrad) - Bodenform 	<ul style="list-style-type: none"> - Standortkundliche Bodenkarte 1:50.000

Tab.8: Fortsetzung

Nr.	Verfahren	Bodenteilfunktion	Beschreibung/Methode	Kriterien	Eingangsparameter	Datengrundlage
2- Bestandteil des Naturhaushalts insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen (BNH)						
2.1	BE	Regelungsfunktion für den Wasserhaushalt	Die Regelungsfunktion für den Wasserhaushalt wird anhand der Bewertung der Austauschfähigkeit des Bodenwassers abgeleitet. Die Austauschfähigkeit des Bodenwassers wurde als Verhältnis (Quotient) zwischen der Versickerung und der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraums (mm) berechnet. Anschließend wurde die Regelungsfunktion für den Wasserhaushalt entsprechend der Stufen der Austauschfähigkeit des Bodenwassers bewertet.	Austauschfähigkeit des Bodenwassers	- Versickerung aus Niederschlägen - nutzbare Feldkapazität	- Bodengesellschaftskarte - Flächennutzungen
2.2	HH	Bestandteil im Wasserkreislauf	Die Fähigkeit des Bodens zur Wasseraufnahme wird anhand der Nutzungs- und Biotypen bewertet.	Fähigkeit des Oberbodens zur Wasseraufnahme	- Nutzung - Biotyp - bzw. Kf-Wert (abgeleitet aus Bodenart, Lagerungsdichte)	- Nutzungs- und Biotypenkarten
2.3	HH	Bestandteil im Nährstoffkreislauf	Die Einstufung der Fläche erfolgt anhand des mittleren Deckungsgrads der Vegetation bezogen auf die Teilfläche. Acker- und Gartenböden werden unabhängig von ihrem aktuellen Deckungsgrad immer gleich bewertet.	Fähigkeit des Bodens zur Nährstoffabgabe an die Vegetation	- Deckungsgrad - Nutzung	Aufnehmen von Nährstoffen des Bodens, durch Pflanzen sowie Organismen und Wertstufenzuordnung anhand des Deckungsgrads der Vegetation
2.4	MN	Versickerungspotenzial für Oberflächenwasser	Das Versickerungspotenzial für Oberflächenwasser wird anhand des Wasserspeichervermögens und der Wasserdurchlässigkeit beurteilt, je nach Bodenausprägung (Durchlässigkeit, die aktuelle Nutzung) gehen unterschiedliche Parameter in das Bewertungsverfahren ein.	Infiltration- und Versickerungspotenzial des Bodens von Niederschlagswasser	- Skelettgehalt - Lagerungsdichte - Horizontierung/Bodenform - Durchlässigkeitswert (kf-Wert) - nutzbare Feldkapazität - Luftkapazität - Nutzung (tw. Versiegelungsgrad) - Grundwasserflurabstand	Daten über die stoffliche Belastung (Messwerte für ausgewählte Stoffgruppen)
2.5	MN	Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium..., insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers	Der Ansatz schätzt die Böden mit einer hohen nutzbaren Feldkapazität und einem minimalen kf-Wert (=gesättigte hydraulische Wasserleitfähigkeit des am wenigsten durchlässigen Horizonts) von 10 bis 20 cm/d. Dadurch werden sowohl quantitative als auch qualitative Aspekte der Grundwasseranreicherung berücksichtigt.	Qualitative Aspekte der Grundwasserneubildung	- Skelettgehalt - Lagerungsdichte - Horizontierung/Bodenform - Durchlässigkeitswert (kf-Wert) - nutzbare Feldkapazität - Nutzung (tw. Versiegelungsgrad) - Grundwasserflurabstand	- Standortkundliche Bodenkarte 1:50.000

Tab.8: Fortsetzung

Nr.	Verfahren	Bodenteilfunktion	Beschreibung/Methode	Kriterien	Eingangsparameter	Datengrundlage
3- Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere zum Schutz des Grundwassers (AAA)						
3.1	BE	Puffer- und Filterfunktion von Boden und Untergrund	Die Bewertung der Bindungsstärke für Schwermetalle erfolgt horizontweise bis 1 m Tiefe über verschiedene pedogene Parameter. Aus den Bindungsstärken der Horizonte werden die Bindungsstärke von Ober- und Unterboden ermittelt. Fähigkeit des Bodens zum Speicher von Nährstoffen wird anhand der Einstufung der effektiven Kationenaustauschkapazität bewertet.	Bindungsstärke für Schwermetalle (Empfindlichkeit der Böden gegenüber Metallbelastungen) Fähigkeit des Bodens zur Bindung von Nährstoffen (Nährstoffspeichervermögen)	- pH-Wert - Humusgehalt - Bodenart & Skelettgehalt - Tongehalt - Effektive Kationenaustauschkapazität (KAK _{eff})	- Bodenkartierung nach KA - Klimadaten
3.2	BE	Puffer- und Filterfunktion von Boden und Untergrund	Das Filtervermögen von Böden wird anhand der Einstufung der Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert) bewertet.	Filtervermögen (Sickerwasserabweiszeit; Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung)	- Grundwasserflurabstand - Wasserdurchlässigkeit - Grundwasserneubildungsrate	- Bodenkartierung nach KA - Klimadaten
3.4	HH	Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter- und Puffereigenschaften für Schwermetalle	Die Fähigkeit des Bodens zur Bindung von Schwermetallen wird anhand Schwermetallbindungsstärke des Profils bis 1 m Tiefe bewertet. Horizontweise werden pH-Wert, Humusstufe und Bodenart eingestuft und daraus die Bindungsstärke des Horizontes ermittelt. Die Bindungsstärke des Profils bis 1 m Tiefe wird aus den Bindungsstärken der einzelnen Horizonte abgeleitet.	Fähigkeit zur Bindung von Schwermetallen im Boden	- Horizontsymbol, -lage und -mächtigkeit - Bodenart & Skelettgehalt - Humusgehalt oder Humusstufe	Bodenkartierung nach KA
3.5	HH	Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter- und Puffereigenschaften für organische Schadstoffe	Die Fähigkeit zur Bindung von organischen Schadstoffen im Boden wird anhand horizontgewichtete Bindungsstärke des Horizonts bis 1 m Tiefe in Abhängigkeit von der organischen Substanz und der Bodenart bewertet.	Fähigkeit zur Bindung von organischen Schadstoffen im Boden	- pH-Wert - Bodenart - Humusgehaltsklasse - Horizontsymbol, -lage und -mächtigkeit - Zersetzungsstufe	Bodenkartierung nach KA
3.6	HH	Abbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Stoffumwandlungseigenschaften (organische Schadstoffe)	Die Bewertung der Fähigkeit des Bodens zum Abbau von organischen Schadstoffen erfolgt über eine Abschätzung der mikrobiellen Biomasse getrennt für gehölzbestandene Biotope und Moore nach der Humusform des Standortes, Ackerstandorte nach der Humusform und für Standorte mit anthropogenen Böden nach dem Substrat und der Entwicklungstiefe des A-Horizontes.	Fähigkeit zum mikrobiellen Abbau von organischen Substanzen	- Bodenart & Skelettgehalt - Bodentyp & Substrat - Horizontsymbol - Humusform- und -gehalt - Gefüge - Farbe - pH-Wert	Bodenkartierung nach KA
3.7	HH	Pufferung von Säureeinträgen	Die Fähigkeit von Mineralböden zur Pufferung von Säuren wird anhand der Säureneutralisationskapazität (SNK) abgeschätzt, welche anhand von Regressionsgleichungen horizontweise für Bodenprofile bis 1 m Tiefe aus primären Bodenparametern abgeleitet wird.	Fähigkeit zur Neutralisation von Säuren	- Horizontsymbol, - Lage und -mächtigkeit - Tongehalt & Skelettgehalt - Trockenrohdichte - Humusgehalt - pH-Wert - Karbonatgehalt	Bodenkartierung nach KA
3.8	MN	Potenzial als Filter und Puffer für Schwermetalle	Die Fähigkeit des Bodens wird besonders nach der relativen Bindungsstärke im Bodenkörper (relative Bindungsstärke des Horizonts) für Cadmium in Abhängigkeit vom pH-Wert beurteilt. Zu dem Ausgangswert der relativen Bindungsstärke, wofür auch die weiteren Schwermetalle betrachtet werden, werden Zuschläge in Abhängigkeit von Humus- und Tongehalt vergeben.	Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle	- Humusgehalt - Skelettgehalt - Bodenart / Tongehalt - pH-Wert - Horizontierung / Bodenform - Nutzung (tw. Versiegelungsgrad)	Bodenkartierung nach KA

Tab. 9: Bodenkundliche Eingangsparameter und ihre Ableitungsmethoden, die in drei Bewertungsverfahren in drei Bundesstädten Berlin (BE), Hamburg (HH) und München (MN) verwendet wurden
(Quelle: eigene Aufstellung) k.A. = keine Aussage möglich

Eingangsparameter	Grundparameter	Verfahren	Methode der Ableitung
<ul style="list-style-type: none">Basensättigung	<ul style="list-style-type: none">S-WertpH-Wert	BE	<ul style="list-style-type: none">Ableitung in Abhängigkeit vom pH-Wert (CaCl₂) von GRENZLIUS (1987)
		HH	<ul style="list-style-type: none">Stufung der Basensättigung nach KA4, S. 339, Tab.84
		MN	k.A.
<ul style="list-style-type: none">Bodentyp/Standorttyp	<ul style="list-style-type: none">ErscheinungsbildAbfolge des BodenhorizontsMächtigkeit des Bodenhorizonts	BE	<ul style="list-style-type: none">nach KA3 für den Westteil Berlinsnach KA4, S. 170ff für den Ostteil BerlinsKlassifizierung der Bodentypen nach KA4, S. 173ff
		HH	<ul style="list-style-type: none">nach KA4, S. 170ff
		MN	<ul style="list-style-type: none">k.A.
<ul style="list-style-type: none">Bodenart	<ul style="list-style-type: none">Bodenart	BE	<ul style="list-style-type: none">für Feinboden (< 2 mm):<ul style="list-style-type: none">nach KA4, S. 132, Tab. 24 und S. 135, Tab. 26für Grobboden (> 2 mm):<ul style="list-style-type: none">nach KA4, S. 132, Tab. 24 und S. 141, Tab. 30nach KA4, S. 139, Tab. 29
		MN	k.A.
		BE	k.A.
<ul style="list-style-type: none">Bodenfarbe	<ul style="list-style-type: none">Bodenfarbe	HH	<ul style="list-style-type: none">mit Farbtafel (MUNSELL-Farbtafel 2000) & Abschätzung
		MN	k.A.
		BE	k.A.
<ul style="list-style-type: none">Deckungsgrad der Vegetation	<ul style="list-style-type: none">Nutzungsart und Deckungsgrad	HH	<ul style="list-style-type: none">Abschätzung durch Inaugenscheinnahme in % der Teilfläche
		MN	k.A.
		BE	k.A.
<ul style="list-style-type: none">Horizontsymbol	<ul style="list-style-type: none">Horizontsymbol	HH	<ul style="list-style-type: none">nach KA4, S. 84ff
		MN	k.A.
		BE	k.A.
<ul style="list-style-type: none">Humusform	<ul style="list-style-type: none">Humusform	HH	<ul style="list-style-type: none">für Mineralböden:<ul style="list-style-type: none">nach KA4, S. 226fffür Ackerstandorte:<ul style="list-style-type: none">nach SCHLICHTING et al. (1995), S. 56
		MN	<ul style="list-style-type: none">k.A.
		BE	Humusgehalt für Mineralboden nach GERSTENBERG & SMETTAN (2005) mit: <ul style="list-style-type: none">Ableitung nach den Untersuchungen von GRENZLIUS (1987) und dem Schwermetalluntersuchungsprogramm (1986,1987)Auswertung nach FAHRENHORST et al. (1990)
<ul style="list-style-type: none">Humusgehalt	<ul style="list-style-type: none">Humusgehalt	HH	Humusgehalt und -stufe: <ul style="list-style-type: none">Bestimmung des Glühverlust bei 550°C nach DIN 19684-3 und nach KA4, S. 108, Tab. 10
		MN	k.A.

Eingangsparameter	Grundparameter	Verfahren	Methode der Ableitung
• Karbonatgehalt, stufe	• Kalkgehalt	BE HH MN	k.A. • nach SCHLICHTING et al. (1995), S. 45: Abschätzung nach Reaktion mit 10 %iger HCl k.A.
• Kationenaustausch- kapazität (KAK)	• Bodenart • Humusgehalt • pH-Wert	BE HH MN	• Die KAK wurde als KAK_{eff} nach KA4 aus der Hauptbodenart der Oberböden und Unterböden abgeleitet: KA4, S. 336, Tab. 83, S. 337, Tab. 84 und S. 338, Tab. 85 Die KAK wurde als KAK_{pot} nach KA4, S. 336, Tab. 83, analytisch und Abschätzung • k.A.
• Feldkapazität (FK)	• Bodenart • Trockenrohdichte • Organischer Substanz • Torfart- und horizont • Zersetzungsstufe • Substanzvolumen	BE HH MN	• nach KA4, S. 297, Tab. 55 und S. 300, Tab. 58 • Stufung der FK nach KA4, S. 301, Tab. 59 • nach HEINKELE (2003) für Mischbodenarten in: GERSTENBERG & SMETTAN (2005) k.A. k.A.
• Nutzbare Feldkapazität	• Bodenart • Roh- oder Lagerungsdichte • Torfart • Zersetzungsstufe • Substanzvolumen	BE HH MN	- Nutzbare Feldkapazität: • nach Untersuchungen von GRENZIUS (1987) • nach ergänzenden Untersuchungen in 1993 • Stufung der nFK-Werte nach GRENZIUS (1987) - Nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraums: • nach Untersuchungen von PLATH-DREETZ et al. (1989) in: GERSTENBERG & SMETTAN (2005) • Stufung nach KA4, S. 302, Tab. 60 • nach KA4, S. 297, Tab. 55, S. 299, Tab. 57 (Fortsetzung) und S. 300, Tab. 58 • k.A.
• Effektive Lagerungsdichte	• Effektive Lagerungsdichte	BE HH MN	• nach KA4, S. 126, Tab. 18 • Stufung nach KA4, S. 127, Tab. 19 • nach KA4, S. 125, Tab. 17 und S. 126, Tab. 18 • Die Lagerungsdichte wurde im humosen Oberboden bei besonders auflockernden Nutzungen berechnet • k.A.
• (Infiltrationskapazität)	• (Infiltrationskapazität)	BE HH MN	• nach SCHLICHTING et al. (1995), S. 190: Mit dem Doppelringinfiltrrometer in mm/h • k.A.
• Grundwasserflurabstand	• Mächtigkeit des effektiven Wurzelraumes • Kapillare Aufsteighöhe (KH) • Bodenart	BE HH MN	• Ableitung aus den Daten der Grundwassermessstellen im Berliner Gebiet und Umland (Stand Mai 2002) • Stufung nach GERSTENBERG & SMETTAN, (2000) in: GERSTENBERG & SMETTAN (2005) k.A. k.A.
• Nutzung	• Nutzung	BE HH MN	k.A. • durch Begehung, im Vorfeld nach Luftbild • Nutzungs- und/oder Biotoptypenkarte • Die Nutzung wurde aus den existierenden Nutzungskartierungen in 1998 und den weiteren modifizierten Untersuchungen abgeleitet

Tab. 9: Fortsetzung

Eingangsparameter	Grundparameter	Verfahren	Methode der Ableitung
• Schadstoffgehalte	• Schadstoffgehalte	BE HH MN	k.A. • nach BBodSchV k.A.
• Skelettgehalt	• Skelettgehalt	BE HH MN	k.A. • Abschätzung des Anteils der Bodenbestandteile > 2 mm in Volumen- % bei Profilaufnahme • Der Skelettgehalt, der in Gewichtsprozent abgeleitet oder berechnet ist, wurde mit der angegebenen Lagerungsdichte bzw. mit einer angenommenen Lagerungsdichte von 1,3 g/cm³ und einer Steindichte von 2,6 g/cm³ auf Vol.-% umgerechnet. Die Skelettgehalte beziehen sich auf das ganze Profil
• pH- Wert	• pH-Wert	BE HH MN	• Die pH-Werte (typische pH-Werte) für Ober- und Unterboden wurden aus vorhandenen Unterlagen abgeleitet (Profilschnitten von GRENZIUS 1987 und verschiedener Bodenkundlichen Gutachten) • Stufung der pH-Werte nach KA4, S. 331, Tab.80 • elektrometrisch mit der Glaselektrode in 0,01 M CaCl ₂ -Suspension (z.B. SCHLICHTING et al. (1995, S. 132) • Die pH-Werte beziehen sich auf das ganze Profil
• S-Wert (Oberboden)	• Lagerungsdichte • Grobbodenanteil	BE HH MN BE HH MN	- für den Oberboden: • S-Wert = $BS [\%] / 100 * KAK_{eff}$ in (cmol /kg) (unter Einbeziehung der Lagerungsdichte und des Grobbodenanteils) • Die Stufung des S-Werts nach SCHLICHTING et al. (1995), GERSTENBERG und FAENSEN-THIEBES (2005) in: GERSTENBERG & SMETTAN (2005) - für den Grobbodenanteil in Vol.-% nach KA4, S. 141, Tab. 30 und S. 133, Tab. 25 k.A. k.A. k.A.
• Substrat	• Substrat	BE HH MN	• nach KA4, S. 158 (Feld 41) • AK-STADTBÖDEN (1997, S. 75ff) in: HOCHFELD et al. (2003) • AK-BODENSYSTEMATIK (1998) in: HOCHFELD et al. (2003) k.A.
• Torf-Substanzvolumen (SV)	• Torf-Substanzvolumen (SV)	BE HH MN	k.A. k.A. • nach KA4, S. 128, Tab. 20 k.A.
• Torfart	• Torfart	BE HH MN	• nach KA4, S. 147, Tab. 31 (Zur Darstellung der ökologischen Eigenschaften und Ableitung der Parameter wird unterschieden, ob Torf im Ober- und/oder im Unterboden vorkommt) k.A. k.A.
• Tongehalt	• Bodenart	BE HH MN	k.A. • Abschätzung aus der Bodenart nach KA4, S. 135, Tab.26. Verwendet wird der Mittelwert der angegebenen Spannweite k.A.

Tab. 9: Fortsetzung

Eingangsparameter	Grundparameter	Verfahren	Methode der Ableitung
• Trockenrohdichte	• Trockenrohdichte	BE	<ul style="list-style-type: none"> nach KA4, S. 126, Tab. 18 (die Trockenrohdichte wurde im Zusammenhang mit der effektiven Lagerungsdichte berechnet) Stufung nach KA4, S. 127, Tab. 19
		HH	<ul style="list-style-type: none"> - für Mineralböden: nach KA4, S. 127: $\rho_t [\text{g}/\text{cm}^3] = \text{effektive Lagerungsdichte} [\text{g}/\text{cm}^3] - 0,009 \times \text{Tongehalt} [\%]$ - für Torfe: nach SCHLICHTING et al. (1995:37) als Lagerungsdichte
		MN	k.A.
• Versieglungsgrad	• Versieglungsgrad	BE	k.A.
		HH	• Abschätzung in % der Teilfläche durch Inaugenseinnahme
		MN	<ul style="list-style-type: none"> nach Kartierung von 1994 abgeleitete Versiegelung aus den Strukturtypen von 2000 und Ableitung durch die weitere Bearbeitung im Jahr 2006
• Versickerung aus Niederschlägen	<ul style="list-style-type: none"> Niederschlag Flächennutzung Vegetationsstruktur Feldkapazität Flurabstand 	BE	Die Versickerung wurde 2003 als Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung berechnet $[\text{mm} / \text{Jahr}]$
		HH	k.A.
		MN	k.A.
• Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert)	<ul style="list-style-type: none"> Bodenart Roh- oder Lagerungsdichte Torfart Zersetzungsstufe Substanzvolumen 	BE	<ul style="list-style-type: none"> - für die Hauptbodenart des Ober- und Unterbodens: nach KA4, S. 305, Tab. 62, S. 306, Tab. 63 und S. 306, Tab. 64
		HH	• nach KA4, S. 305, Tab. 62, S. 306, Tab. 63 und S. 306, Tab. 64
		MN	• kf-Wert wurde eigener Methode in bestimmten Klassen näherungsweise aus der Lagerungsdichte und aus der Textur in der Standortkundlichen Bodenkarte abgeleitet (GEITNER et al., 2007)
• Zersetzungsstufe von Torfen	• Zersetzungsstufe von Torfen	BE	k.A.
		HH	• nach KA4, S. 128, Tab.21
		MN	k.A.

Tab. 10: Eingangsparameter und deren Verwendung bei der Bewertung der einzelnen Teilfunktionen
(Quelle: eigene Aufstellung)

Eingangsparameter	Teilfunktion									
	LRF1	LRF2	BNH1	BNH2	AAA1	AAA2	AAA3	AAA4	AF1	AF2
Alter des Bodens									+	
Bodentyp/Standorttyp							+		+	+
Biotoptyp		+	+	+					+	+
Bodenart	+	+			+	+	+	+		
Bodenfarbe							+			
Bodengesellschaft									+	
Deckungsgrad				+						
Gefüge							+			
Gutachtereinschätzung	+	+							+	+
Horizontsymbol					+	+	+	+		
Horizontlage		+			+	+	+	+		
Horizontmächtigkeit					+					
Horizontabfolge		+			+				+	
Humusform							+	+		
Humusgehalt	+	+			+	+	+	+		
Kalkgehalt								+		
Kationenaustausch- kapazität		+								
Potenzielle Kationen- austauschkapazität		+								
Effektive Kationen- austauschkapazität		+								
Feuchtstandort		+								
Feldkapazität			+							
Lagerungsdichte		+								
Luftkapazität			+							
Grundwasserflurabstand		+				+				
Nutzungsform		+	+	+						
Nutzbare Feldkapazität		+	+	+						
Naturnähe		+								
Regionale Seltenheit der Bodengesellschaft		+							+	
Trockenrohdichte								+		
Schadstoffsituation	+									
Schadstoffgehalt	+									
Seltenheit					+					
Skelettgehalt					+		+	+		
pH- Wert		+			+		+	+		
S-Wert		+								
Substrat							+			
Substratabfolge		+							+	+
Tongehalt								+		
Verdichtung		+								
Versickerung				+						
Versieglung		+	+							
Wasserleitfähigkeit			+							
Wasserdurchlässigkeit						+				
Zersetzungsstufe von Torfen						+				

LRF = Lebensraumfunktion, BNH = Funktion „Bestandteil des Naturhaushalts“, AAA = Funktion „Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium...“, AF = „Archivfunktion“, + = das Parameter ist verwendbar bei Bewertung von Bodenteilfunktion.

Tab. 12 : Bodenaufnahme in den Untersuchungsgebieten Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese

(Quelle: eigene Aufstellung)

Test- gebiet	Beschreibung der Bodenkartierung (nach KA5)	Bodenerhebungen		
		Rahmendaten	Horizontdaten	Probenaufnahme
Natur- und Landschaftspark Johannisthal	Naturpark (NSG)	<ul style="list-style-type: none"> • Koordinaten mittels GPS • Vegetation • Witterung • Mikrorelief 	<ul style="list-style-type: none"> • Lage und Beschaffenheit des Horizontsymbol • Farbe • Hydromorphiemerkmale • Gefügeform • Durchwurzelungsintensität • Bodenart über Fingerprobe • Humosität • Calciumcarbonatreaktion auf 10%ige Salzsäure • Ausgangssubstrat • anthropogene Beimengungen • Skelett 	<ul style="list-style-type: none"> • gestörte Mischproben • ungestörte Stechzylinderproben
	Landschaftspark	<ul style="list-style-type: none"> • Aufnahmedatum, Profil- Oder Bohrpunktnummer • Koordinaten mit GPS-Gerät, Exposition • Beschreibung des Reliefformtyps • Einschätzung, ob es sich um natürlichen oder anthropogen überprägten Bodenaufbau handelt. • Nutzungstyp und -intensität • Vegetation und Bodenbedeckung 	<ul style="list-style-type: none"> • Farbeansprache (nach MUNSELL-Farbtafeln) • Horizontsymbol • Verlauf von Horizontgrenzen • Organische Substanz, Spuren von Ziegeln und Kohle (Volumenanteil %) • Karbonatgehalt (Test mit 10%-iger Salzsäure (HCl)) • Oxidative und reduktive Erscheinungen (Rostflecken, Rostkonkretionen, Mangankonkretionen) • Feuchte (fünfstufige Skala) • Gefüge (Struktur) und Stabilität • Poren (Hohlräume) und Lagerungsdichte • Fein- und Grobwurzelanteil • Bodenart (Fingerprobe) • Skelettanteil incl. Größe der Körner 	<ul style="list-style-type: none"> • ungestörte Stechzylinderproben, vertikal (Volumenproben zur Bestimmung der Bodendichte) • Punktproben, vertikal • gestörte Mischproben, vertikal
Flughafen Tempelhof	Die bodenkundlichen Kartierungen fanden in der Zeit vom 07.07.2006 bis zum 12.10.2006 statt. Die Bohrpunkte wurden in einem Raster von angeordnet. Auf diese Weise waren 110 Bohrpunkte aufzunehmen. Die Wahl der Rasterweite erfolgte nach einer Abschätzung, bei der die Größe und Homogenität des Gebietes sowie der Arbeitsaufwand berücksichtigt wurden. Zusätzlich wurden vier Bodenprofile mit einer Tiefe von 120 - 140 cm gegraben. Die Tiefe dieser Profile wurde für genaue Repräsentativität bis zu 240 cm uGOK erweitert.	<ul style="list-style-type: none"> • Koordinaten mittels GPS • Vegetation • Mikrorelief 	<ul style="list-style-type: none"> • Horizontsymbol • Mächtigkeit von Bodenhorizonte • Bodenfarbe • Gefüge • Korngrößenverteilung • Feuchte • Organische Substanz (Humus) • Karbonatgehalt • Berücksichtigung von Hydromorphiemerkmale • einige pedogene Merkmale 	<ul style="list-style-type: none"> • Stechzylinderproben • gestörte Mischproben
Tiefwerder Wiese	Das Untersuchungsgebiet wurde flächendeckend in der Zeit 28.04.2007 bis 06.11.2007 kartiert. Die Bodenaufnahmen wurden an 106 Bohrpunkten (1 bis 1,5 m uGOF) und sieben Bodenprofilen (100 bis 150 cm tief) durchgeführt. Die räumliche Verteilung der Bohrpunkte wurde dabei so ausgewählt, um die Bodenparameter möglichst genau im Großmaßstab erheben zu können.	<ul style="list-style-type: none"> • Koordinaten mittels GPS • Vegetation • Mikrorelief 	<ul style="list-style-type: none"> • Mächtigkeit von Bodenhorizonte • Horizontsymbol • Bodenfarbe • Humusgehalt • pedogene Merkmale und Substratmerkmale der einzelnen Horizonte • Carbonatgehalt mittels verdünnter Salzsäure (HCl, 10 %-Vol) 	<ul style="list-style-type: none"> • Stechzylinderproben • gestörte Mischproben

Tab. 13: Physikalische und chemische Laboruntersuchungen nach ihren Analyseverfahren

(Quelle: eigene Aufstellung)

Test- gebiet		Laboruntersuchungen (physikalisch-chemischen Laboranalysen)	
		Analysierte Bodenparameter	Analyseverfahren (Standart der Bestimmung)
Natur- und Landschaftspark Johannisthal	Naturpark (NSG)	Rohdichte trocken (P_t) [g/cm ³]	P_t = Rohdichte trocken [g/cm ³] bei 105° C
		Wassergehalt in [Vol.-%]	nach DIN 19683-4
		pH-Wert mit CaCl ₂	nach VDLUFA
		CaCO ₃ -Gehalt in [M.-%]	per SCHEIBLER-Apparatur nach VDLUFA
		Glühverlust [M.-%] zur Ermittlung der Organik	nach DIN19684-3 bei 550 °C
		Spezifische elektrische Leitfähigkeit [μS/cm]	nach DIN ISO 11265
		Korngrößenzusammensetzung < 2 mm [%]	mittels Laserbeugung „Laserdiffraktometer“ der Firma COULTER-BECKMAN einschließlich Vorbehandlung nach DIN 19683-1
		Nährstoffgehalte (P, K, Mg, Fe, Mn, Cu, B, Na, Zn) [mg/100g]	P, K (CAL-Methode nach VDLUFA) und Ma (CaCl ₂ -Methode)
		Anorganische Schadstoffe-Schwermetalle (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Sb, Hg) [mg/kg]	mittels ICP-OES nach DIN ISO 11885 (für Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Sb) und DIN EN 1483-12 (für Hg)
		Organische Schadstoffe (PAK, LHKW, PCB, BTEX) [mg/kg]	nach verschiedenen Methoden
	Landschaftspark	Nährstoffe (P, K, Mg, Fe in [mg/100g], Mn, Cu, B, Na, Zn in [mg/kg])	Ermittlung nach unterschiedlichen Methoden, Regelung nach VDLUFA, Messung mittels ICP-OES
		Lagerungsdichte (Ld) [g/cm ³]	für Ld nach KA5, S. 125: $Ld [g/cm^3] = p_t + 0,009 \times \text{Tongehalt} [\%]$. für p_t nach DIN ISO 11272 P_t = Rohdichte trocken [g/cm ³] bei 105° C
		pH- Wert in CaCl ₂	nach VDLUFA
		pH-Wert in H ₂ O (destilliertes Wasser)	nach VDLUFA
		Kationenaustauschkapazität (KAK) [cmol _c / kg Boden]	nach DIN 19684-8
		CaCO ₃ -Gehalt in [M.-%]	mit Hilfe der SCHEIBLER-Apparatur nach VDLUFA
		Korngrößenverteilung > 2 mm [%]	durch Siebung nach DIN 19683-1
		Korngrößenzusammensetzung < 2 mm [%]	mittels Laserbeugung „Laserdiffraktometer“ der Firma COULTER-BECKMAN einschließlich Vorbehandlung nach DIN 19683-1
		Wassergehalt in [Vol.-%]	nach DIN 19683-4
		Glühverlust [M.-%]	nach DIN19684-3 bei 550 °C
	Flughafen Tempelhof	Rohdichte trocken (P_t) [g/cm ³]	nach DIN ISO 11272 P_t = Rohdichte trocken [g/cm ³] bei 105° C
		Glühverlust [M.-%]	nach DIN19684-3 bei 550 °C
		CaCO ₃ -Gehalt in [M.-%]	per SCHEIBLER-Apparatur nach VDLUFA
		Korngrößenverteilung > 2 mm [%]	durch Siebung nach DIN 19683-1
		Korngrößenzusammensetzung < 2 mm [%]	mittels Laserbeugung „Laserdiffraktometer“ der Firma COULTER-BECKMAN einschließlich Vorbehandlung nach DIN 19683-1
		pH- Wert in CaCl ₂	nach VDLUFA
		pH-Wert in H ₂ O (destilliertes Wasser)	nach VDLUFA
		Spezifische elektrische Leitfähigkeit [μS/cm]	nach DIN ISO 11265
		Kationenaustauschkapazität (KAK)	nach DIN 19684-8
		anorganische Schadstoffe (As, Cd, Cu, Ni, Tl, Cr, Fe, Pb, Zn, Sb) [mg/kg]	mittels Königswasseraufschluss nach SCHLICHTING (1994) und ICP-OES-Analyse nach DIN 38406-22
Tiefwerder Wiese		Rohdichte trocken (P_t) [g/cm ³]	P_t = Rohdichte trocken [g/cm ³] bei 105° C
		Wassergehalt in [Vol.-%]	nach DIN 19683-4
		Glühverlust in Masse-%	nach DIN19684-3 bei 550 °C
		pH-Wert mit CaCl ₂	nach VDLUFA
		CaCO ₃ -Gehalt in [M.-%]	mit der SCHEIBLER-Apparatur nach VDLUFA
		spezifische elektrische Leitfähigkeit [μS/cm]	DIN-ISO 11265
		Korngrößenzusammensetzung des Feinbodens < 2 mm [%]	mittels Laserbeugung im "Laserdiffraktometer" der Firma COULTER-BECKMAN einschließlich Vorbehandlung nach DIN 19683-1
		anorganische Schadstoffe (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Al, Fe, Zn, Sb) [mg/kg]	mittels Königswasseraufschluss nach SCHLICHTING (1994) und ICP-OES-Analyse nach DIN 38406-22

Tab. 14: Ergebnisse der Bodenaufnahme und -analyse in den Untersuchungsgebieten Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese

(Quelle: eigene Aufstellung)

k.A. = keine Angaben möglich. Alle Werte, die in dieser Tabelle geschrieben wurden, sind Mittelwerte

Parameter (Kennwerte)	Untersuchungsgebiete		Flughafen Tempelhof	Tiefwerder Wiese
	Natur- und Landschaftspark Johannisthal			
	Landschaftspark (LS)	Naturpark (NSG)		
Ausgangsmaterial (natürliche Substrate, anthropogene Materiale, Genese)	Ablagerungen des Quartärs bilden das Ausgangsmaterial der Bodenbildung, die vorwiegend aus den glazifluvialen Sedimenten bestehen (gemischte Flusssande über periglaziär geschichteten Flusssanden über 1 m tief). Fremdkomponenten, wie sie insbesondere für stärker anthropogen überprägte Böden üblich sind (u.a. Ziegel-, Glas-, Bauschutt und Kunststoffresten), finden sich in den Profilen häufig insbesondere im Landschaftspark. Dabei weisen alle Böden anthropogene Überlagerungen mit natürlichen und z.T. künstlichen Substraten auf (30 - 70 cm mächtig). Neben diesen anthropogenen Überprägungen weist das Gebiet humusfreie Reinsande und Sande mit unterschiedlichsten Gehalten an Organik auf (z.B. bis max. 20 % im NSG). Das neue Ausgangssubstrat ermöglicht in Abhängigkeit von seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften eine neue Pedogenese.		Die aus den weichselzeitlichen, oberflächlich entkalkten Geschiebeleihen über Geschiebemergeln der Grundmoränen stellen die glazialen und periglazialen Ablagerungen im Gebiet dar, die aus einem - bei den Mergeln kalkhaltigen - Gemisch aus Kies, Sand, Schluff und Ton bestehen (etwa 3-5 m mächtig). Auf diesen Substraten haben sich vor allem Fahlerden, Braunerden und pseudovergleyte Böden entwickelt. Der anthropogene Einfluss auf den Boden ist sehr deutlich. Die große anthropogene Beeinflussung auf den Boden entsteht allerdings durch den carbonathaltigen Bauschutt, was Folgen für die Bodenentwicklung hat.	Ablagerungen aus pleistozänen Talsanden und organisch-mineralische Ablagerungen des Holozäns bilden wesentlich das geologische Ausgangssubstrat für die Bodenbildung. Diese natürlichen geologischen Ablagerungen wurden durch zahlreiche Aufschüttungen aus anthropogenem Material beeinflusst (z.B. Bau- und Trümmerschutt oder allochtones natürliches Bodenmaterial). Daher wurden die Bedingungen für die Pedogenese tiefgreifend verändert.
	Korngrößenzusammensetzung	Nach der Korngrößenverteilung tritt in den oberen Horizonten (Hauptwurzelraum) schluffiger bzw. schwach toniger Sand mit geringem Anteil an Feinkies und Mittelkies auf (das anthropogene Substrat). In den unteren Horizonten dominiert der reine Sand (quartäres Bodenmaterial). Am Schluffgehalt lässt sich sehr einfach die Grenze des Oberbodens und Unterbodens erkennen. Anhand des Feinbodenmaterials kann man gleichfalls diese Grenze erkennen.	Die Korngrößenverteilung weist auf, dass die Bodenarten in der Schicht 0 - 3 dm (Hauptwurzelraum) meist bei schluffigem Sand und im Unterboden bei reinem Sand liegen. Die Tongehalte fallen durchweg sehr gering aus.	Die Korngrößenverteilung weist auf, dass die meisten Substrate der Horizonte Feinboden sind (schluffiger Sand). An einigen Stellen weist aber der Oberboden schwach schluffigen Sand mit geringem Anteil an Mittelkies auf. Der unteren Horizonte besteht aus Reinsand. Diese Horizonte enthalten aber an wenigen Stellen geringe Mengen an Schluff und Ton und zeichnen sich durch eine erhöhte Menge an Grobboden aus Bauschutt (anthropogener Untergrundhorizont) aus.

Tab. 14: Fortsetzung

Parameter (Kennwerte)		Untersuchungsgebiete		
		Natur- und Landschaftspark Johannisthal	Flughafen Tempelhof	Tiefwerder Wiese
organische Substanz	Landschaftspark (LS)	Die überlagerten Substrate haben hohe Gehalte an organischer Substanz. Nach den Laboruntersuchungen liegt die organische Substanz für die oberen 10 cm (Ah-C)-Horizont zwischen 2, 1 % und etwas über 7,0 % im LS und 2,9 bis 9,2 im NSG. Die Extremwerte stellen allerdings eher Sonderfälle dar (z.B. 17,14 % im LS und bis max. 20 % im NSG). Im Vergleich zu den oberen Horizonten weisen die unteren Horizonte meist niedrigere Gehalte an organische Substanz auf (Feinbodenart).	Die besseren Wachstumsbedingungen, die von hohen pH- Werten abhängig sind, führen zu einer stärkeren Humusakkumulation im Oberboden (z.B im Ah-Horizont 5,5 % (Hauptwurzelraum) und 2,0 % im C-Horizont). Die organische Substanz sinkt nach unten ab und hat minimale Werte in den unteren Horizonten (weniger 0,5 %, Reinsand).	Die Bodenhorizonte weisen sehr unterschiedliche Gehalte an organischer Substanz auf. Allgemein liegen die Gehalte an organischer Bodensubstanz in den Oberböden zwischen 2,5 % (mittel) bis 30 % (Akkumulation organischer Substanz als Torf z.B. im Moorgley) und in den Unterböden, teilweise weit über 5 % bis 10 %. Einige Horizonte des Oberbodens weisen Extremwerte bis 65 % auf (z.B. nHa-Horizont des Niedermoorgleys). Im Unterboden variiert der Gehalt an organischer Substanz in einigen Horizonten zwischen 10 und < 30 % (z.B. Normgley).
	pH-Wert	Landschaftspark (LS)	Die oberen Horizonte (Wurzelraum) weisen höhere pH-Werte als die unteren Horizonte auf, so dass der pH-Wert (in CaCl ₂ -Lösung) im Oberboden (0-30 dm) immer leicht über pH 7,0 liegt. Die pH (CaCl ₂)-pH (H ₂ O)-Werte der Punktproben zeigen, dass der pH-Wert nach unten mit der Wertverringerung des Karbonatgehalts und des Tongehalts sinkt.	Die hohen Calciumcarbonatgehalte der anthropomorphen Horizonte im Oberboden führen zu höheren pH-Werten. Die maximale pH-Werte liegen im anthropomorphen C-Horizont (bis 7,35). In den unteren Horizonten nehmen die pH-Werte ab, aber weisen sie schwankende Werte auf.
Hydromorphie		Landschaftspark (LS)	Unter dem Einfluss von Grundwasser (Grundwasserschwankung) finden sich die Merkmale der Hydromorphie (v.a. Rostflecken) in zahlreichen Bodenprofilen, teils in den untersten Profilbereichen, teils im Oberboden. Die Rostfleckung geht auf die Gleydynamik zurück. Diese Merkmale treten meistens klar in den unteren Horizonten (Go-Gr-Horizonte) auf. Im Oberboden hingegen findet sich die Rostfleckung nicht so regelmäßig.	Die oberen Horizonte zeigen keine Hydromorphiemerkmale. Im Bereich der Schwankung des Grundwassers weisen die Unterböden, die sehr schwach humos sind, Eisenoxidausfällungen in Form von kleinen Flecken (Go-Gr-Horizonte des fGG).

Tab. 14: Fortsetzung

Parameter (Kennwerte)	Untersuchungsgebiete			Tiefwerder Wiese
	Natur- und Landschaftspark Johannisthal		Flughafen Tempelhof	
Merkmale des Bodenaufbaus	Landschaftspark (LS)	Naturpark (NSG)		
	Der anthropogener Einfluss, gekennzeichnet durch Überlagerung bzw. Durchmischung der letzten hundert Jahre, ist stellenweise sehr intensiv. Dies führt zur Inhomogenität der räumlichen Verteilung der Bodentypen und -subtypen. Außerdem weist das Gebiet unterschiedliche Standorteigenschaften zwischen den anthropogen beeinflussten Horizonten (Oberboden) und den natürlichen Horizonten (Unterboden) auf. Somit liegen die Unterschiede zwischen den Standorten im Detail des Profilaufbaus wie Horizontmächtigkeiten und Ausprägung einzelner Horizontmerkmale wie Korngröße, Humusgehalt und Lagerungsdichte.	Neben den anderen Bodenbildungsfaktoren führte die Nutzung des Geländes im Laufe der Zeit vor allem zu einem unähnlichen Bild der Bodeneigenschaften. Somit sind auffällig die deutlichen Unterschiede durch die anthropogene Beeinflussung zwischen dem Oberboden und Unterboden. Z.B. bestehen das überlagernde Material im Oberboden aus einer Mischung aus anthropogenem und pedogenem Material, während zeigen die unteren Horizonte Substratwechsel von natürlichen zu anthropogenem Substrat zeigen. Dies ist im Zusammenhang mit den Unterschieden der Bodenmerkmale innerhalb des Profilaufbaus.		Das natürliche Ausgangsmaterial wurde vor allem im letzten Jahrhundert durch die menschlichen Tätigkeiten beeinflusst. In einigen Bereichen (z.B. ehemalige Kleingärten) befindet sich eine oft über 1 m mächtige anthropogene Auflage auf dem natürlichen Ausgangsmaterial (z.B. kalkhaltige Trümmer- und Bauschutt). Diese Bereiche weisen somit ein inhomogenes Bild der Bodeneigenschaften auf (z.B. wechselnde Humusgehalten im Oberboden, unterschiedliche Verteilung von Korngrößen etc.). Viele Bereiche (z.B. Böschungsstreifen und Uferbereiche) sowie die tiefer liegende Teilflächen (z.B. Hohlformen) sind weitgehend ohne anthropogene Überprägungen (ein relativ homogenes Bild der Bodeneigenschaften).
Carbonatgehalt	Durch die Entwicklung des Bodens in den oberen Horizonten sind die Karbonatgehalte unterschiedlich (CaCO ₃ ist meist 1,0 bis 1.7 % im C1-Horizont und 2,0 bis 3,7 % im C2-Horizont). Als Grund für den Unterschied des Karbonatgehalts sind die starken verwitterten Bodenmaterialien und die unterschiedliche Bildung der Bodensubstratart (anthropogene Bildung von kalkhaltigen Materialien) zu nennen; es kommt zu diffusen Karbonatflecken. Außerdem weisen die oberen Horizonte eine Verlagerung des Karbonatgehaltes nach unten auf (Entkalkungsprozess durch Wasser). Der Unterboden ist karbonatfrei (Reinsand).	Im NSG sind die Kalkgehalte sehr niedrig, die kalkhaltigen Substrate sind insgesamt allgemein sehr karbonatarm bis carbonatarm. Das Maximum der Oberbodengehalte liegt im C2-Horizont (bis 1,9 %, Pararendzina). Die unteren Horizonte sind karbonatfrei.		Die Böden mit einem Grundwassereinfluss innerhalb < 4 bis 8 dm u. GOF sind kalkfrei. Die Substrate sind bis auf wenige Ausnahmen kalkarm (anthropoge beeinflusste Materialien). Bei kalkhaltigen bis stark carbonathaltigen Ausgangssubstraten handelt es sich um den Bodentyp Pararendzina, der Kalkgehalte < 7, 5 M-% (8 dm bis < 12 dm Mächtigkeit) bis 10,3 M-% (Mächtigkeit größer als 12 dm) hat.
Analysierte Kennwerte				

Tab. 14: Fortsetzung

⁶⁶ Die Untersuchungsgebiete befinden sich in der Stadt Berlin, das besondere dieser ist, dass pedogenetische Prozesse durch das menschliche Wirken in sehr kurzen Zeiträumen im bodenkundlichen Sinn sehr stark verändert werden können, abbrechen oder neu beginnen. Daher werden die anthropogenen Einflüsse vor allem herausgestellt.

Parameter (Kennwerte)	Untersuchungsgebiete			Tiefwerder Wiese
	Natur- und Landschaftspark Johannisthal		Flughafen Tempelhof	
	Landschaftspark (LS)	Naturpark (NSG)		
Nährstoffe	Das Gebiet weist eine allgemein mittlere bis sehr geringe Nährstoffversorgung auf. Die Nährstoffe mit der Tiefe (nach den Profilstandorten) liegen zwischen gering bis sehr gering. Aber an einigen Stellen treten Leicht erhöhte Nährstoffgehalte auf. Allgemein ist das Gebiet als nährstoffarm und deshalb als ein für Trockenrasen geeigneter Standort einzustufen.		Das Gebiet ist allgemein nährstoffarm. Der Nährstoffgehalte der Böden zeigen unterschiedliche Verteilung mit großen Schwankungen in Abhängigkeit von der Bodenart (geringe Gehalte in sandigen Horizonten, höhere Gehalte bei hohen Ton- und Schluffgehalten). Z.B. weisen sandige Horizonte niedrige und feinkornreiche Horizonte- insbesondere mit höherem Gehalt an organischer substanz- höhere Eisengehalte auf (körnungsbedingt).	Die naturnahen Böden ohne oder mit geringer Überprägung (z.B. Anmoorgleye, Niedermoorogleye, Nassogleye und Gleye) weisen hohe Gesamtgehalte an Nährstoffen im Vergleich mit den stark anthropogen überprägten Pararendzinen und Regosole auf. Z.B. weisen die naturnahen Böden die stärkeren Konzentrationen von Fe- und Mn-Gehalten auf. Die hohen Werte von Nährstoffen treten vor allem im humosen Oberboden auf. Diese verringern sich meist mit zunehmender Tiefe.
Schadstoffe (organische Schadstoffe und Schwermetalle)	k.A.	Nach den Daten der Laboruntersuchungen sind die Gehalte an gelösten Schadstoffen als niedrig zu bezeichnen (geringe Belastung von Schadstoffen). Somit sind die organischen und anorganischen Schadstoffbelastungen gemäß der Vorsorge- und Prüflisten der BBodschV kaum festzustellen. Das Gebiet weist aber einige Überschreitungen von Prüfwerten auf, die leicht erhöhte Schadstoffkonzentrationen an einigen wenigen Stellen darstellen.	Die Böden weisen allgemein in Abhängigkeit von der höheren Pufferfähigkeit und der hohen Lagerungsdichte (vor allem C-Horizont) unterschiedliche Verteilung der anorganischen Schadstoffgehalte zwischen den oberen und unteren Horizonten auf. Die höchsten Gehalte liegen in den Ah- und anthropomorphen C-Horizonten. Die darunter liegenden Horizonte weisen teilweise niedrigere Gehalte auf. Die Werte der Schadstoffe schwanken im Bodentyp Pararendzina über fossiler pseudovergleyter Fahlerde.	Nach den Ergebnissen der Laboruntersuchungen weist das Untersuchungsgebiet, besonders im humosen Oberboden sowohl sehr stark anthropogen geprägten Böden als auch naturnahe Böden die Grenzwertüberschreitungen der Maßnahmenwerte nach BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch unter Grünland und Grenzwertüberschreitungen der Vorsorgewerte nach BBodSchV für die jeweiligen Bodenarten Sand auf. Dabei sind z.B. auffällig die häufigen Überschreitungen mit Cu, Pb und Zn. Bei Cr und Ni treten relativ wenige Überschreitungen der Vorsorgewerte im Vergleich zu den anderen Schwermetallen auf. Die Schadstoffgehalte werden in geringem Umfang in den Unterboden verlagert. Der pH-Wert im Gebiet liegt meist über fünf und somit ist die Affinität der Schwermetalle zu organischen Substanzen, Tonmineralen und Oxiden sehr hoch.
Kationenaustauschkapazität und Basen-sättigung	Kationenfähigkeit ist im Bereich des Hauptwurzelraumes (Ah-C1-Horizont) hoch bis mittel (bei erhöhtem Tongehalt) und sinkt darunter auf sehr niedrige Werte (gering bis sehr gering) in Abhängigkeit vom Absinken des Tongehalts. Die Basensättigung ist im oberen Bereich des Hauptwurzelraumes (bis ca. 22 cm) sehr hoch. Sie sinkt im unteren Bereich (bis ca. 55 cm) bis auf 50 % ab. Die Austauscher sind überwiegend mit Kationen (Ca2+, Mg2+) belegt. Die unteren Horizonte sind mit angewaschen Ca-Ionen angereicht.		Die Böden zeichnen sich nach den angegebenen Werten mittlerer Kationenaustauschkapazität im Oberboden aus. Die Kationenaustauschkapazität nimmt gemeinsam mit dem Humusgehalt mit zunehmender Tiefe rapide ab, während die Basensättigung im anthropomorphen C-Horizont (durchschnittlich 2-4 dm) ihr Maximum hat.	k.A.

Tab. 14: Fortsetzung

Parameter (Kennwerte)	Untersuchungsgebiete		
	Natur- und Landschaftspark Johannisthal	Flughafen Tempelhof	Tiefwerder Wiese
	Landschaftspark (LS)	Naturpark (NSG)	
effektive Lagerungsdichte	Die effektive Lagerungsdichte ist im Oberboden (Ah-C1-C2-Horizonten) sehr hoch, so dass der Horizont stark verdichtet ist (stark bindiger Boden). Die sehr hohe Lagerungsdichte (z.B. 2,2 bis 6,5 g/cm ³ im Ah-C1-Horizont) spiegelt die hohe anthropogene Verdichtung im Oberboden wider. Lagerungsdichte ist sehr gering in den unteren Horizonten (Einzelkorngefüge).		
		Im Vergleich mit dem LS sind die Böden im NSG weniger verdichtet. Das Gebiet weist unterschiedliche Lagerungsdichten auf, die in zwei Bereichen bestimmen. Lagerungsdichte von Böden liegt im Bereich von 0,9 bis 1,4 g/cm ³ (Boden sind gut durchwurzelbar) und im Bereich 1,4 bis 1,8 g/cm ³ (Böden sind schlecht durchwurzelbar). Darüber hinaus kann auch nach den Werten der Lagerungsdichte die Grenze zwischen künstlich anthropogen aufgebrachtem und natürlich gelagertem Bodenmaterial klar unterschiedet werden.	Die oberen anthropogenen Horizonte sind meist stark verdichtet, Die C-Horizonte des Oberbodens haben die maximalen Werte der Lagerungsdichte (zwischen 1,56 und 1,83). Die unteren Horizonte zeichnen sich eine geringe bis mittlere Lagerungsdichte aus. Das Gebiet weist auch anthropogene Untergrundhorizonte durch eine erhöhte Menge an Grobböden aus Bauschutt, eine mittlere Lagerungsdichte und geringe Verfestigung auf.
Wassergehalt	Der maximale Wert der Bodenfeuchte des gesamten Profils liegt im Ah-C1-Horizont (Hauptwurzelhorizonte) in Abhängigkeit von der Bodenart (schluffiger Boden), anthropogener Bildung und hoher Lagerungsdichte. Der Wassergehalt sinkt nach unten in Abhängigkeit von der Bodenart und von Grobporen und Mittelporen. Somit weist der Boden einen großen Unterschied des Wassergehalts zwischen dem Oberboden (34,58 % im Ah-C1 und 24,27 % im C2) und dem Unterboden (3,24 %) auf.	Der große Wassergehalt liegt im Oberboden (26,8 %). Der Wassergehalt sinkt allmählich nach unten und hat seine minimalen Werte in den unteren Horizonten (weniger 8,0 %). In den unteren Horizonten (Unterboden) schwankt der Wassergehalt.	Das Untersuchungsgebiet weist unterschiedliche Wassergehalte in Abhängigkeit von sehr stark anthropogen geprägten Böden, naturnahen Böden und dem Grundwassereinfluss. Der Wassergehalt ist hoch im Ah-Horizont (Hauptwurzelraum) in Abhängigkeit von der Bodenart (sehr schluffiger Boden). Hier liegt der Wassergehalt zwischen 22 und 57 M-%. Der Wassergehalt sinkt nach unten in den C- Horizonten ab (10- 25 M-%). Die Unterböden sind durch den Grundwasser sehr stark beeinflusst. Somit steigt der Wassergehalt wieder und liegt in den unteren Horizonten zwischen 10 M-% (anthropogene Böden z.B. RZn) und 73 M-% (Naturnaher Böden z.B. G/Mn).

Analysierte Kennwerte

Tab. 15: Zusammenfassung der Bodentypen/Bodenform der Bodengesellschaften Berlins nach ihren Flächenanteilen im Jahr 2005, ihrem Ausgangsgestein und ihrem Vorkommen in den naturräumlichen Einheiten

(Quelle: eigene Aufstellung nach GERSTENBERG & SMETTAN, 2005)

Bodentypen/Bodenform der Bodengesellschaften		Flächena- nteil [%]	Naturräumliche Einheiten								
ID*	Bodentypen/Bodenform		B U	F S	T S	G M	S K	D L	F A	K I	
1010	Parabraunerde - Sandkeilbraunerde <i>aus Geschiebemergel</i>	8.906									
1020	Rostbraunerde - Parabraunerde - kolluviale Braunerde <i>aus geschiebehaltigem Sand, meist über Mergel</i>	1.853									
1021	Rostbraunerde - Parabraunerde - Kolluvium/Parabraunerde <i>aus Beckensanden über Geschiebelehm/-mergel</i>	0.439									
1022	Rostbraunerde - Parabraunerde - Niedermoor <i>aus Beckensanden und Talsand über Mergel mit Torf</i>	0.294									
1030	Rostbraunerde - kolluviale Braunerde <i>aus geschiebehaltigem Sand und Kolluvien (teils über Mergel)</i>	1.104									
1040	Rostbraunerde - Regosol-Braunerde - kolluviale Braunerde <i>aus geschiebehaltigem Sand , stellenweise mit eingelagerten Geschiebelehmen</i>	1.810									
1050	Rostbraunerde - Ockerbraunerde -kolluviale Braunerde <i>aus geschiebehaltigem Sand</i>	0.434									
1060	Rostbraunerde - Regosol - kolluviale Braunerde/Gley <i>aus Geschiebesanden</i>	1.007									
1070	Rostbraunerde - kolluviale Braunerde <i>aus geschiebehaltigem Sand</i>	4.159									
1072	Rostbraunerde - kolluviale Braunerde <i>aus Beckensand, teils über Geschiebelehm/-mergel</i>	0.309									
1080	Fahlerde - Sandkeilrostbraunerde - Rostbraunerde <i>aus Flug- und Geschiebesanden über Geschiebelehmen/-mergeln</i>	0.275									
1090	Podsol-Braunerde - Podsol - kolluviale Rostbraunerde <i>aus Flugsanden (Feinsand)</i>	1.071									
1100	Podsol-Braunerde - Rostbraunerde - kolluviale Rostbraunerde <i>aus Flugsanden (Feinsand)</i>	1.006									
1150	Gley-Braunerde - kalkhaltige Gley-Braunerde - Kalkgley-Braunerde <i>aus Talsanden (Mittel- und Feinsand)</i>	0.224									
1160	Rostbraunerde - vergleyte Braunerde - Gley-Braunerde <i>aus Talsanden (Mittel- und Feinsand)</i>	14.569									
1164	Vergleyte Braunerde - Gley - Niedermoor <i>aus Talsanden (Mittel- und Feinsand)</i>	1.201									
1180	Rostbraunerde - Hanggley - Kalkhangmoor <i>aus geschiebehaltigem Sand mit eingelagertem Mergel</i>	0.254									
1190	Podsol-Braunerde - vergleyte Rostbraunerde <i>aus Flugsanden über Talsanden</i>	1.868									
1200	Rostbraunerde - Podsol-Gley - oligotrophes Niedermoor <i>aus Flugsanden über Talsanden, Torfe</i>	0.636									
1231	Gley-Braunerde - Gley -Niedermoor <i>aus Talsanden</i>	1.400									
1260	Vererdete (Auen-) Niedermoor - (Auen-) Kalkniedermoor <i>aus Torfen über Talsanden</i>	1.983									
1270	Vererdete (Auen-) Niedermoor - vererdeter Anmoorgley - Gley <i>aus Sand (in Geschiebemergelhochfläche) mit Niedermoortorf</i>	0.308									
1280	Eutrophes Auenniedermoor- Auenanmoorgley - Gley-Rostbraunerde <i>aus Sand mit Niedermoortorf</i>	0.403									

BU = Warschau-Berliner Urstromtal

FS = Fluvioglaziale Schmelzwasserrinne

TS = Toteissenke/Pfuhl

GM = Grundmoränenhochfläche

SK = Stauchendmoräne/Kameslandschaft

DL = Dünenlandschaft

Einheiten in der Eiszeit geprägt
(Naturräumliche Einheiten)

FA = rezente Flussniederung mit Auendynamik

Einheit für rezente Flussniederung

KI = an keine Einheit gebunden

Besondere Einheit zur Bodenbewertung

* ID = Zuordnung der Bodengesellschaften, die aus Bodentypen gebildet wurden, die in der Reihenfolge der Bodengesellschaften in der Konzeptkarte mit einem Maßstab von 1: 50 000 für das gesamte Gebiet Berlin nach dem Grad des anthropogenen Einflusses und der Veränderung der Böden gegliedert ist. Am Anfang dieser Darstellung befinden sich die Bodengesellschaften mit terrestrischen Böden gefolgt von terrestrischen und semiterrestrischen Böden. Am Ende stehen die Bodengesellschaften der anthropogenen Auftrags- und Abtragsböden. In dieser Tabelle werden nur die dominierenden Bodengesellschaften (Flächenanteil mehr 0,2 %) dargestellt.

Tab. 15: Fortsetzung

Tab. 15: Fortsetzung

Bodentypen/Bodenform der Bodengesellschaften		Flächena- nteil [%]	Naturräumliche Einheiten								
ID*	Bodentypen/Bodenform		B U	F S	T S	G M	S K	D L	F A	K I	
1290	Rostbraunerde - Kolluvium/fossiler Gley - vererdetes Niedermoor <i>aus geschiebehaltigem Sand, Kolluvien</i>	0.328									
1320	Auengley - Auennassgley - eutrophes Auenniedermoor <i>aus Auenlehm über Flusssanden mit Flachmoortorf</i>	0.207									
1330	Kolluviale Braunerde - eutrophes Auenniedermoor - Gytia <i>aus geschichteten Sanden, Torfen</i>	0.264									
2390	Nekrosol - Parabraunerde-Hortisol + Parabraunerde <i>aus Geschiebemergel</i>	0.601									
2400	Nekrosol - Braunerde-Hortisol + Rostbraunerde <i>aus geschiebehaltigen Sanden</i>	0.383									
2410	Nekrosol - Braunerde-Hortisol + Podsol-Braunerde <i>aus Flugsanden (Feinsanden)</i>	0.206									
2420	Nekrosol - Gley-Braunerde-Hortisol + Gley <i>aus Talsanden (Mittel- und Feinsand)</i>	0.354									
2440	Lockersyrosem - Braunerde/Rostbraunerde + Rostbraunerde <i>aus geschiebehaltigem Sand</i>	0.233									
2470	Syrosem + Kalkregosol + Pararendzina <i>aus Aufschüttungen von Sanden, Schottern, Industrie-, Bau- und Trümmerschutt</i>	3.227									
2482	Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol <i>aus umgelagerten Geschiebesanden und Geschiebemergel</i>	1.510									
2483	Regosol + Pararendzina + Hortisol <i>aus Talsand</i>	3.686									
2484	Regosol + Pararendzina + Hortisol <i>aus Geschiebesand</i>	1.138									
2485	Regosol + Pararendzina + Hortisol <i>aus Geschiebesanden über Geschiebelehmen/-mergeln</i>	3.166									
2486	Regosol + Pararendzina + Hortisol <i>aus Flugsand</i>	0.300									
2487	Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol <i>aus Talsand</i>	4.901									
2488	Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol <i>aus Geschiebesand</i>	1.153									
2489	Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol <i>aus Geschiebesanden über Geschiebelehmen/-mergeln</i>	4.717									
2490	Lockersyrosem + Humusregosol + Pararendzina <i>aus Aufschüttungen von Sanden und Bauschutt</i>	5.768									
2500	Lockersyrosem + Regosol + Pararendzina <i>aus Bau- und Trümmerschutt</i>	3.874									
2510	Pararendzina + Kalkregosol + Lockersyrosem <i>aus lehmiger oder sandiger Schüttung über Trümmer- oder Bauschutt</i>	1.160									
2530	Methanosol + Lockersyrosem + Regosol <i>aus lehmiger oder sandiger Schüttung über Müll (<= 50% Bauschutt)</i>	0.526									
2540	Lockersyrosem + Regosol + Pararendzina <i>aus Aufschüttungen von Sand, Bau- und Trümmerschutt</i>	9.054									
2550	Humusregosol/Gley-Braunerde + Hortisol/Gley + Pararend- zina/Auenboden <i>aus Aufschüttungen von Sand und Bauschutt</i>	0.914									
2560	Regosol + Rostbraunerde-Regosol + Gley-Regosol <i>aus umgelagerten Geschiebesanden</i>	1.078									
2580	Regosol + Parabraunerde-Regosol <i>aus umgelagertem Geschiebesanden und Geschiebemergel</i>	1.915									
2590	Regosol + Rostbraunerde-Regosol + Gley-Regosol <i>aus umgelagerten Sander- und Talsanden</i>	1.344									
7777	Pararendzina + Lockersyrosem + Regosol <i>aus Flugsand</i>	0.227									

BU = Warschau-Berliner Urstromtal

FS = Fluvio-glaziale Schmelzwasserrinne

TS = Toteissenke/Pfuhl

GM = Grundmoränenhochfläche

SK = Stauchendmoräne/Kameslandschaft

DL = Dünenlandschaft

Einheiten in der Eiszeit geprägt
(Naturräumliche Einheiten)

FA = rezente Flussniederung mit Auendynamik

Einheit für rezente Flussniederung

KI = an keine Einheit gebunden

Besondere Einheit zur Bodenbewertung

Tab. 17: Bodentypen nach den Leitprofilaten und ihre Flächennutzung auf Grundlage der Bodenkartierung im Untersuchungsgebiet Natur- und Landschaftspark Johannisthal

(Quelle: eigene Darstellung nach KA5 und Nutzungs- und Biotoptypenkarten im Maßstab 1:5.000 - 1:10.000, 2007)

Bohrp.-ID	Bodentyp	Bodennutzungs- und Biotoptypen	Bohrp.-ID	Bodentyp	Bodennutzungs- und Biotoptypen
1	BBn	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	60	RZ/BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
2	RZ-BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	61	BB-GG/BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
3	rgBB	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	62	YK	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
4	RZ/BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	63	RZ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
5	RZ/BB	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	64	rgBB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
6	BBn	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	65	rgBB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
7	RZ/RQ-fBB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	66	rgBB	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
8	Yk	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	67	RZ/BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
9	RZ/BB	versiegelte Wege Flächen	68	YK	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
10	RZ/BB	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	69	BB-GG/BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
11	RZ/BB	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	70	YK	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
12	YK	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	71	rgBB	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
13	RZ/BB&RZ/rgB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	72	rgBB	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
14	YK/BB	Trocken- und Magerrasen	73	BBn	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
15	RZ/BB	Trocken- und Magerrasen	74	RZ/RQ-BB	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
16	RZ/BB	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	75	rgBB	Trocken- und Magerrasen
17	YK	Gebüsche, Baumreihen und Baumgruppen	76	rgBB	Trocken- und Magerrasen
18	RZ/rGG-BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	77	RZ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
19	YK	versiegelte Wege Flächen	78	RZ/BB	Trocken- und Magerrasen
20	YK	Gebüsche, Baumreihen und Baumgruppen	79	RZ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
21	rgBB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	80	RZ	versiegelte Wege Flächen
22	RZ/BB	versiegelte Wege Flächen	81	YK	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
23	RZ/BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	82	RZ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
24	YK	versiegelte Wege Flächen	83	YK	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
25	RZ	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	84	YK	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
26	RZ-BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	85	RZ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
27	RZ	versiegelte Wege Flächen	86	YK	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
28	RZ/BB&RZ/r-gB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	87	YK	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
29	RZ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	88	YK	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
30	RZ/rGG-BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	89	RZ/RQ-BB	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
31	RZ/BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	90	RZ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
32	YK	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	91	BB-GG/BB-r	Trocken- und Magerrasen
33	RZ/BB&RZ/r-gB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	92	YK	versiegelte Wege Flächen
34	RZ/rGG-BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	93	OL	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
35	YK	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	94	OL / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
36	YK/BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	95	OL / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
37	YK/BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	96	OL / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
38	YK	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	97	OL	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
39	RZ/rGG-BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	98	OL	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
40	rgBB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	99	OL \ rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
41	RZ	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	100	OL / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
42	rgBB	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	101	OL \ rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
43	RZ/rgfBB	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	102	OL / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
44	RZ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	103	OL \ rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
45	RQ -rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	104	BB / rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
46	BB-GG/BB-rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	105	OL / rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
47	rgBB	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	106	RZ	Trocken- und Magerrasen
48	YK	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	107	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
49	rgBB	Trocken- und Magerrasen	108	pBB / rGG	Trocken- und Magerrasen
50	RZ (Deposol)	Trocken- und Magerrasen	109	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
51	BB-GG/BB-rGG	Trocken- und Magerrasen	110	RZ/rGG-BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
52	BB-GG/BB-rGG	Trocken- und Magerrasen	111	pBB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
53	BB-GG/BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	112	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
54	YK	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	113	RZ/rGG-BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
55	YK	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	114	pBB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
56	BB-GG/BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	115	OL / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
57	BB-GG/BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	116	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
58	BB-GG/BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	117	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
59	BB-GG/BB-rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	118	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
60	RZ/BB	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	119	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen
59	BB-GG/BB-rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen	120	OL / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittassen

Tab. 17: Fortsetzung

Bohrp.-ID	Bodentyp	Bodennutzungs- und Biotoptypen	Bohrp.-ID	Bodentyp	Bodennutzungs- und Biotoptypen
121	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	189	RQ\BB-rGG	Grünlandbrachen und Staudenfluren
122	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	190	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
123	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	191	RQ	Trocken- und Magerrasen
124	OL	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	192	RQ	Trocken- und Magerrasen
125	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	193	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
126	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	194	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
127	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	195	RQ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
128	OL \ rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	196	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
129	OL	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	197	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
130	OL / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	198	rGG	Trocken- und Magerrasen
131	pBB / rGG	Trocken- und Magerrasen	199	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
132	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	200	RQ/rGG-BB	Trocken- und Magerrasen
133	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	201	RQ	Trocken- und Magerrasen
134	pBB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	202	BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
135	OL / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	203	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
136	BBn	Trocken- und Magerrasen	204	OL-RQ\GG	Trocken- und Magerrasen
137	BBn	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	205	OL-RQ\GG-BB	Trocken- und Magerrasen
138	pBB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	206	OL-RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
139	pBB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	207	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
140	OL	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	208	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
141	BBn	Trocken- und Magerrasen	209	OL-RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
142	BBn	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	210	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
143	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	211	OL\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
144	OL	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	212	RQ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
145	BBn	Trocken- und Magerrasen	213	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
146	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	214	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
147	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	215	OL-RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
148	BB / rGG	Trocken- und Magerrasen	216	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
149	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	217	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
150	BB / rGG	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	218	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
151	BBn	Trocken- und Magerrasen	219	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
152	pBB / rGG	Trocken- und Magerrasen	220	OL-RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
153	OL / rGG	Trocken- und Magerrasen	221	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
154	BB / rGG	Trocken- und Magerrasen	222	OL-RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
155	BB / rGG	Trocken- und Magerrasen	223	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
156	RZ/rGG	Trocken- und Magerrasen	224	OO-RN\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
157	OL	Feucht- u. Frischgrünland, Zier- u. Trittrasen	225	OL-RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
158	RZ	Trocken- und Magerrasen	226	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
159	RZ	Trocken- und Magerrasen	227	RZ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
160	OL-RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen	228	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
161	OL-RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen	229	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
162	RQ	Trocken- und Magerrasen	230	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
163	BB-rGG	Trocken- und Magerrasen	231	RQ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
164	OL-RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen	232	RQ	versiegelte Wege Flächen
165	OL-RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen	233	OL-RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
166	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	234	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
167	RQ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	235	OL-RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
168	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	236	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
169	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	237	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
170	OL-RQ	Trocken- und Magerrasen	238	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
171	RQ	Trocken- und Magerrasen	239	RQ\BB-rGG	Grünlandbrachen und Staudenfluren
172	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen	240	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
173	BB-rGG	Trocken- und Magerrasen	241	OO-RN\GG-BB	Trocken- und Magerrasen
174	RQ	Trocken- und Magerrasen	242	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
175	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen	243	RQ\GG-BB	Trocken- und Magerrasen
176	RQ	Trocken- und Magerrasen	244	RQ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
177	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen	245	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
178	RQ\GG-BB	Trocken- und Magerrasen	246	RQ\GG-BB	Trocken- und Magerrasen
179	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	247	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
180	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen	248	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
181	RQ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	249	OL	Trocken- und Magerrasen
182	RQ	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)	250	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)
183	RQ\GG	Trocken- und Magerrasen	251	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
184	RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen	252	OL-RQ\BB-rGG	Trocken- und Magerrasen
185	RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)			
186	rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)			
187	RQ\GG	Trocken- und Magerrasen			
188	OL-RQ\BB-rGG	Ruderalfluren (ruderales Halbtrockenrasen)			

Tab. 19: Bodentypen nach den Leitprofilaten und ihre Flächennutzung auf Grundlage der Bodenkartierung im Untersuchungsgebiet Flughafen Tempelhof

(Quelle: eigene Darstellung nach KA5 und KA4)

Bohrp.-ID	Bodentyp	Bodennutzungs- und Biotoptypen	Bohrp.-ID	Bodentyp	Bodennutzungs- und Biotoptypen
1	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche	66	RZ	Luftverkehrsfläche
2	LF	Luftverkehrsfläche	67	RZ	Luftverkehrsfläche
3	LF	Luftverkehrsfläche	68	RZ	Luftverkehrsfläche
4	LF	Luftverkehrsfläche	69	RZ	Luftverkehrsfläche
5	LF	Luftverkehrsfläche	70	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
6	LF	Luftverkehrsfläche	71	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
7	LF	Luftverkehrsfläche	72	RZ/fBB	Luftverkehrsfläche
8	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche	73	RZ/fBB	Luftverkehrsfläche
9	BB-LF	Luftverkehrsfläche	74	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
10	RN	Luftverkehrsfläche	75	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
11	RN	Luftverkehrsfläche	76	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
12	RQ	Luftverkehrsfläche	77	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
13	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche	78	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
14	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche	79	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
15	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche	80	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
16	RQ	Luftverkehrsfläche, Deponie	81	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
17	RZ	Luftverkehrsfläche	82	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
18	RZ	Luftverkehrsfläche	83	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
19	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche	84	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
20	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche	85	RQ/fSS-LF	Luftverkehrsfläche
21	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche	86	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
22	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche	87	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
23	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche	88	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
24	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche	89	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
25	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche	90	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
26	LF	Luftverkehrsfläche	91	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche, Deponie, Auftragsfläche
27	LF	Luftverkehrsfläche	92	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
28	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche	93	RZ	Luftverkehrsfläche
29	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche	94	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche, Deponie, Auftragsfläche
30	RQ/fLF	Park-, Grünanlage	95	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
31	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche	96	RZ	Luftverkehrsfläche
32	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche	97	RZ	Luftverkehrsfläche
33	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche	98	RZ	Luftverkehrsfläche
34	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche	99	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche
35	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche	100	LF	Luftverkehrsfläche
36	RQ/fBB-LF	Luftverkehrsfläche	101	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche
37	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche	102	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche
38	RQ/fSS-LF	Luftverkehrsfläche	103	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche
39	RQ/fBB-LF	Luftverkehrsfläche	104	RZ	Luftverkehrsfläche
40	RQ/fSS-LF	Luftverkehrsfläche	105	RQ	Luftverkehrsfläche
41	RQ/fLF	Luftverkehrsfläche	106	RZ	Deponie, Luftverkehrsfläche
42	RQ	Luftverkehrsfläche	107	RZ	Luftverkehrsfläche
43	RQ	Luftverkehrsfläche	108	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
44	RQ	Luftverkehrsfläche	109	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche
45	RZ	Luftverkehrsfläche	110	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche
46	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche	111	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche
47	RZ	Deponie, Industrie- und Gewerbefläche	112	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche
48	RQ-RZ	Luftverkehrsfläche, Deponie	113	RQ/fBB	Luftverkehrsfläche
49	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche	114	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
50	RZ	Park-, Grünanlage	115	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
51	RZ	Luftverkehrsfläche	116	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
52	RZ	Luftverkehrsfläche	117	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
53	RZ	Luftverkehrsfläche	118	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
54	RZ	Luftverkehrsfläche	119	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
55	RZ	Luftverkehrsfläche	120	RZ/fLF	Luftverkehrsfläche
56	RZ	Luftverkehrsfläche	121	RZ	Luftverkehrsfläche
57	RZ	Luftverkehrsfläche	122	RZ	Luftverkehrsfläche
58	RZ	Luftverkehrsfläche	123	RZ	Luftverkehrsfläche
59	RZ	Luftverkehrsfläche	124	RZ	Luftverkehrsfläche
60	RZ	Luftverkehrsfläche	125	RZ	Luftverkehrsfläche
61	RZ	Luftverkehrsfläche			
62	RZ	Luftverkehrsfläche			
63	RZ	Luftverkehrsfläche			
64	RZ	Halde (Aufschüttungen)/Luftverkehrsfläche			
65	RZ	Luftverkehrsfläche			

Tab. 21: Bodentypen nach den Leitprofilaten und ihre Flächennutzung auf Grundlage der Bodenkartierung im Untersuchungsgebiet Tiefwerder Wiese

(Quelle: eigene Darstellung nach KA5 und Karte der Nutzugstypen 2004)

Bohrp.-ID	Bodentyp	Bodennutzungs- und Biotoptypen	Bohrp.-ID	Bodentyp	Bodennutzungs- und Biotoptypen
1	GMn	Gehölze	62	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte
2	GHn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	63	GGn	Gehölze
3	GHn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	64	GGn	Gehölze
4	GMn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	65	RQn/GNn	Gehölze
5	GHn	Gehölze	66	RQn/GGn	Gehölze
6	GMn	Gehölze	67	GMn	Wochenendhaussiedlungen
7	GHn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	68	RZn/GGn	Gehölze
8	GMn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	69	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte
9	RZn/GNn	Wochenendhaussiedlungen	70	GGn	Gehölze
10	RQn/GGn	Wochenendhaussiedlungen	71	RZn	Wochenendhaussiedlungen
11	RZn/GGn	Wochenendhaussiedlungen	72	RZn	Wochenendhaussiedlungen
12	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	73	RZn	Gehölze
13	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	74	RZn	Gehölze
14	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	75	RZn	Gehölze
15	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	76	RZn	Wald
16	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	77	RZn	Gehölze
17	GGn	Gehölze	78	RZn	Wald
18	RQn/GGn	Gehölze	79	RZn	Wald
19	GMn	Gehölze	80	RZn	Wald
20	GHn	Gehölze	81	RZn	Wald
21	GGn	Gehölze	82	RQn/rGGn	Wald
22	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	83	RZn	Gehölze
23	GGn	großflächiges Röhricht	84	RZn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte
24	GHn	großflächiges Röhricht	85	RZn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte
25	GGn	großflächiges Röhricht	86	GGn	Wald
26	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	87	GGn	Wald
27	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	88	RQn/GGn	Wald
28	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	89	RZn	Wochenendhaussiedlungen
29	GGn	Gehölze	90	kGGn	Wochenendhaussiedlungen
30	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	91	RZn	Wald
31	GGn	Gehölze	92	RZn	Wochenendhaussiedlungen
32	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	93	GGn	Wald
33	RQn/GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	94	GGn	Wald
34	RQn/GGn	Gehölze	95	RQn/GGn	Wochenendhaussiedlungen
35	RQn/GGn	Gehölze	96	RZn	Wochenendhaussiedlungen
36	RQn/GGn	Gehölze	97	RQn/GNn	Wochenendhaussiedlungen
37	RZn/GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	98	RQn/GNn	Gehölze
38	RQn/GGn	Wochenendhaussiedlungen	99	RZn	Wald
39	GHn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	100	kGGn	Wald
40	GMn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	101	RZn	Wald
41	GNn	Gehölze	102	RQn/GGn	Wald
42	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	103	GGn	Wald
43	RQn/GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	104	GGn	Wald
44	GNn	Gehölze	105	GGn	Wald
45	GNn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	106	RZn	Wald
46	GNn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	107	GMn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte
47	GNn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	108	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte
48	YK-GGw	Gehölze	109	RZn/GGn	Wochenendhaussiedlungen
49	GGn	Wald	110	RZn/GGe	Wochenendhaussiedlungen
50	GGn	großflächiges Röhricht	111	RQn/GGn	Gehölze
51	GNn/GHn	großflächiges Röhricht	112	RQn/GGe	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte
52	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte	113	RZn	Wald
53	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte			
54	RQn/GGn	Wochenendhaussiedlungen			
55	RZn	Gehölze			
56	GNn	Gehölze			
57	GHn	Gehölze			
58	GMn	Gehölze			
59	GMn	Gehölze			
60	GNn	Gehölze			
61	GGn	Grünland/Brachfluren feuch. u. mittl. Standorte			

Tab. 22: Die in die Bewertung der Testgebiete einfließenden Parameter und ihre Ableitungsmethode
(Quelle: eigene Darstellung)

Eingangsparameter	Grundparameter	Methode
<ul style="list-style-type: none"> Anthropogene Überprägung (Veränderung des Wasser-, Nährstoff- und Lufthaushalts) 	<ul style="list-style-type: none"> Die Grundparameter werden in der Methode genannt 	<ul style="list-style-type: none"> Profilansprache unter besonderer Berücksichtigung des Gefüges, der Lagerungsdichte, der Durchwurzelung und Hydromorphiemarken KA5, S.116: Gefügeansprache unter besonderer Berücksichtigung von anthropogenen Gefügeveränderungen (z.B. Plattengefüge) Ermittlung von Verdichtung (vgl. Lagerungsdichte) Profil- oder Bohrstockansprache
<ul style="list-style-type: none"> Ausgangsmaterial der Bodenbildung 	<ul style="list-style-type: none"> Ausgangsgestein 	<ul style="list-style-type: none"> KA5, S.172 (Feld 47a) und Tab. 43, S.174
<ul style="list-style-type: none"> Basensättigung 	<ul style="list-style-type: none"> S-Wert KAK_{pot.} pH-Wert 	<ul style="list-style-type: none"> KA5, S.370 (Ableiten des Basensättigungsgrad in Abhängigkeit von pH-Wert) und KA5, Tab. 96, S.371
<ul style="list-style-type: none"> Bodentyp/Standorttyp 	<ul style="list-style-type: none"> Erscheinungsbild Abfolge der Bodenhorizonte Mächtigkeit der Bodenhorizonte 	<ul style="list-style-type: none"> KA5, S.81 (Die Bodentypen ergeben sich aus dem Erscheinungsbild, der Abfolge und der Mächtigkeit der Bodenhorizonte) und KA5, S.190 (Feld 50) (Die Bodentypen werden in Klassen unterteilt)
<ul style="list-style-type: none"> Biototyp 	<ul style="list-style-type: none"> Biototyp 	(nur für Hamburger Verfahren) <ul style="list-style-type: none"> Ableitung aus Nutzungs- und Biototypen Karten
<ul style="list-style-type: none"> Bodenart 	<ul style="list-style-type: none"> Bodenart 	<ul style="list-style-type: none"> mittels Laserbeugung „Laserdiffraktometer“ der Firma COULTER-BECKMAN (< 2 mm) KA5, Tab. 30, S.144, 146 und Tab. 32, S.150
<ul style="list-style-type: none"> Bodenart-Gruppe 	<ul style="list-style-type: none"> Bodenart 	(nur für Berliner Verfahren) <ul style="list-style-type: none"> Durch Kombination der Bodenarten des Oberbodens mit den Bodenarten des Unterbodens wurden Bodenartengruppen des Feinbodens (< 2 mm) abgeleitet
<ul style="list-style-type: none"> Bodenfarbe 	<ul style="list-style-type: none"> Bodenfarbe 	<ul style="list-style-type: none"> KA5, Tab. 13, S.109 Abschätzung
<ul style="list-style-type: none"> Bodenfeuchte 	<ul style="list-style-type: none"> Feinbodenart Effektive Lagerungsdichte 	<ul style="list-style-type: none"> KA5, S.114 (Feld 32) und Tab. 17, S.115
<ul style="list-style-type: none"> Deckungsgrad der Vegetation 	<ul style="list-style-type: none"> Nutzungsart und Deckungsgrad 	<ul style="list-style-type: none"> KA5, S.73: (Feld 20) und Tab. 4, S.53
<ul style="list-style-type: none"> Gefüge 	<ul style="list-style-type: none"> Bodengefüge 	<ul style="list-style-type: none"> KA5, S.116 (Bodengefüge)
<ul style="list-style-type: none"> Horizontsymbol 	<ul style="list-style-type: none"> Horizontsymbol 	<ul style="list-style-type: none"> Horizonte werden im Gelände anhand von Bohrstockkartierung und Profibegrabung bestimmt und nach KA5, S. 83 (Feld 27) bezeichnet
<ul style="list-style-type: none"> Humusgehalt und -stufe 	<ul style="list-style-type: none"> Humusgehalt 	- Für Mineralböden <ul style="list-style-type: none"> Nach KA5, Tab. 15, S.112 Bestimmung des Humusgehalts über den Glühverlustes bei 550°C nach DIN 19684- 3 KA5, S.110 (Feld 29), Tab. 14, S.111 und Tab. 15, S.112
<ul style="list-style-type: none"> Humusform 	<ul style="list-style-type: none"> Humusform 	- Für Mineralböden <ul style="list-style-type: none"> KA5, S.298 (Feld 52)
<ul style="list-style-type: none"> Wasserstand in dm unter Geländeoberfläche (GOF) 	<ul style="list-style-type: none"> Wasserstand in dm unter Geländeoberfläche (GOF) 	<ul style="list-style-type: none"> KA5, S.310 (Feld 53 a, b), Tab. 59, S.311 und Tab. 60, S.312
<ul style="list-style-type: none"> Mächtigkeit der Humusschicht 	<ul style="list-style-type: none"> Bodenhorizont 	(nur für Berliner Verfahren) <ul style="list-style-type: none"> Die Mächtigkeit des humosen Oberbodens wird aus dem charakteristischen Bodentyp der jeweiligen Bodengesellschaft abgeleitet und grundsätzlich auf 1 dm festgelegt
<ul style="list-style-type: none"> Humusmenge (kg/m²) 	<ul style="list-style-type: none"> Humusmenge 	(nur für Berliner Verfahren) <ul style="list-style-type: none"> Humusmenge [kg/m²] = (Humusgehalt der Humusschicht unter Berücksichtigung des Torfanteils [Masse-%]) effektive Lagerungsdichte der Humusschicht [kg/dm³] Mächtigkeit der Humusschicht [dm]
<ul style="list-style-type: none"> Karbonatgehalt 	<ul style="list-style-type: none"> Kalkgehalt 	<ul style="list-style-type: none"> Abschätzung nach Reaktion mit 10 %iger HCl im Gelände per SCHEIBLER-Apparatur nach VDLUFA KA5, Tab. 40, S.169

Tab. 22: Fortsetzung

Eingangsparameter	Grundparameter	Methode
<ul style="list-style-type: none"> KAK_{pot.} und KAK_{eff.} 	<ul style="list-style-type: none"> Bodenart Humusgehalt Tonminerale 	<ul style="list-style-type: none"> Labor-Messung nach DIN 19684-8 Ableitung nach KA5, Tab. 93, S.369, Tab. 94, S.370, Tab. 95, S.370 und Tab. 97, S.371
<ul style="list-style-type: none"> Feldkapazität (FK) und Nutzbare Kapazität (nFK) 	<ul style="list-style-type: none"> Bodenart Trockenrohdichte Organischer Substanz Torfart und- horizont Zersetzungsstufe des Substanzvolumens Horizonterung 	<ul style="list-style-type: none"> KA5, Tab.70, S.344, 345, Tab. 72, S.347, Tab. 73, S.348 und Tab. 74, S.349
<ul style="list-style-type: none"> Nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraums 	<ul style="list-style-type: none"> Bodenart Trockenrohdichte Organischer Substanz Tiefe des effektiven Wurzelraumes (in dm) Horizonterung 	<ul style="list-style-type: none"> Die nFKWe wird nach KA5, S.356 in Anlehnung an KA5, Tab.70, S.344, 345, Tab. 72, S.347 abgeleitet
<ul style="list-style-type: none"> Nutzbare Feldkapazität der Flachwurzelzone (0-3 dm) 	<ul style="list-style-type: none"> Bodenart Trockenrohdichte Organischer Substanz Horizonterung 	<ul style="list-style-type: none"> Für Oberboden (3 dm) nach KA5, Tab.70, S.344, 345, Tab. 72, S.347, Tab. 73, S.348 und Tab. 74, S.349
<ul style="list-style-type: none"> Effektive Lagerungsdichte (Ld) 	<ul style="list-style-type: none"> Effektive Lagerungsdichte 	<p>Für Ld nach KA5, S.125 (Mineralböden): $Ld [g/cm^3] = p_t + 0,009 \times \text{Tongehalt} [\%]$ Für pT nach DIN ISO 11272: $P_t = \text{Rohdichte trocken} [g/cm^3]$ bei 105° C</p> <ul style="list-style-type: none"> Einstufung der Trockenrohdichte und effektiven Lagerungsdichte nach KA5, Tab. 20, S.125 und Tab. 68, S.342
<ul style="list-style-type: none"> (Infiltrationskapazität) 	<ul style="list-style-type: none"> kf-Wert 	<ul style="list-style-type: none"> Nach SCHLICHTING et al. (1995, S.190): ggf. mit dem Doppelringinfiltrimeter in mm/h
<ul style="list-style-type: none"> Luftkapazität (LK) 	<ul style="list-style-type: none"> Bodenart Trockenrohdichte 	<ul style="list-style-type: none"> KA5, Tab. 70, S.344, 345, Tab. 72, S.347, Tab. 73, S.348
<ul style="list-style-type: none"> Grenzefflurabstand 	<ul style="list-style-type: none"> Kapillare Aufsteighöhe Bodenart 	<ul style="list-style-type: none"> KA5, Tab. 82, S.358
<ul style="list-style-type: none"> Nutzungsart/Versiegelung 	<ul style="list-style-type: none"> Nutzungsart/Versiegelung 	<p>KA5, S.71 (Feld19): Nutzungsart/Versiegelung</p>
<ul style="list-style-type: none"> Naturnähe 	<ul style="list-style-type: none"> Hemerobiestufen 	<ul style="list-style-type: none"> Ableitung der Naturnähe basierend auf Hemerobiestufen nach Tab. 5.10.1, S.94 des Berliner Verfahrens
<ul style="list-style-type: none"> Nährstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> Nährstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> Labormessung nach unterschiedlichen Methoden in [mg/100g] und [mg/kg]: Regelung nach VDLUFA, Messung mittels ICP-OES
<ul style="list-style-type: none"> Profilmächtigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> Profilmächtigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> Bohrstock- oder Profilsprache
<ul style="list-style-type: none"> Schadstoffe, anorganisch (Schwermetalle, Art und Menge in [mg/kg]) 	<ul style="list-style-type: none"> Schadstoffe Nutzungsart 	<ul style="list-style-type: none"> Labor-Messung (nach vorangehender Altstandort- und Ablagerungserfassung auf Verdachtsflächen) mittels ICP-OES-Analyse nach DIN ISO 11885 (Königswasseraufschluss nach SCHLICHTING (1994)) und DIN 1483-12 KA5, S.19 (Feld 19): Die Angabe der Nutzungsart kann Anhaltspunkte über zu erwartende Bodenbelastung geben, wie z.B. durch Schwermetalle oder spezielle Schwermetalle
<ul style="list-style-type: none"> Schadstoffe, organisch (Art und Menge in [mg/kg]) 	<ul style="list-style-type: none"> Schadstoffe Nutzungsart 	<ul style="list-style-type: none"> Der genaue Hergang der Vorgehensweise ist nach VDLUFA geregelt. Die Messung der Elemente fand mittels ICP-OES statt
<ul style="list-style-type: none"> Skelettgehalt 	<ul style="list-style-type: none"> Skelettgehalt 	<ul style="list-style-type: none"> KA5, S.150ff (Feld 44c): Abschätzung der Grobbodenfraktionsanteile ≥ 2 mm und Volumen-% bei Profilaufnahme
<ul style="list-style-type: none"> pH- Wert 	<ul style="list-style-type: none"> pH- Wert 	<ul style="list-style-type: none"> Messung im Labor nach VDLUFA: Elektrometrisch mit der Glaselektrode in 0,01 M CaCl₂-Suspension KA5, Tab. 92, S.367
<ul style="list-style-type: none"> S-Wert (Oberboden) 	<ul style="list-style-type: none"> Lagerungsdichte Grobbodenanteil 	<ul style="list-style-type: none"> KA5, S. 371: S-Wert wird durch Multiplikation der potenziellen oder effektiven Kationenaustauschkapazität mit der Basensättigung (BS) unter Einbeziehung der Lagerungsdichte und des Grobbodenanteils abgeleitet. Stufung des S-Wertes nach SCHLICHTING et al. (1995)

Tab. 22: Fortsetzung

Eingangsparameter	Grundparameter	Methode
• Substratart	• Substratart	• KA5, S.131 (Feld 42): Substratart anhand von dem Merkmal Substratgenese und den Merkmalen der Substratzusammensetzung abgeleitet
• Torf-Substanzvolumen	• Torf-Substanzvolumen	• KA5, Tab. 22, S.127
• Torfart	• Torfart	• KA5, Tab. 36, S.161
• Tongehalt	• Bodenart	• Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung (Ton < 0.002 mm) mittels Laserbeugung im Labor (Tongehalt %) • Abschätzung aus der Bodenart nach KA5, Tab. 30, S.144
• Trockenrohdichte	• Trockenrohdichte	• Nach DIN ISO 11 272: P_t = Rohdichte trocken [g/cm^3] bei 105° C • Einstufung der Trockenrohdichte nach KA5, Tab. 21, S.126
• Tiefe des effektiven Wurzelraumes (in dm)	• Tiefe des effektiven Wurzelraumes	(nur für Berliner Verfahren) • Der effektive Wurzelraum wird entsprechend unterschiedlichen Nutzungen nach PLATH et al. (1988) aus Tab. 4.3.1, S.64 des Berliner Verfahrens entnommen
• Vernässungsgrad	• Vernässungsgrad	• KA5, S.314 (Feld 54) und Tab. 61, S.315
• Versiegelung (Flächen-%)	• Versiegelungsgrad	• Abschätzung von verschiedenen Quellen (z. B. Karten)
• Versickerung aus Niederschlägen	• Bodenart • Bodeneinheit	• Die Werte der jährlichen Versickerung wurden aus dem Begleittext der Karte „Versickerung aus Niederschlägen ohne Berücksichtigung der Versiegelung (02.13.4, Ausgabe 2007)“ des Umweltatlas für Berlin abgeleitet (Tab. 23 u. 24)
• Durchlässigkeit (gesättigte Wasserleitfähigkeit - kf-Wert)	• Bodenart • Lagerungsdichte • Sättigungsgrad • Torfart bzw. Torfhorizont • Zersetzungsstufe • Substanzvolumen	• KA5, S.Tab.76, S.351 u. Tab. 77, S.352
• Zersetzungsstufe von Torfen	• Zersetzungsstufe von Torfen	• KA5: Tab. 23, S.128

Tab. 23: Ableitung der jährlichen Versickerung in (mm/a) für Hauptbodeneinheiten in Berlin

(Quelle: eigene Darstellung nach der Karte „Versickerung aus Niederschlägen ohne Berücksichtigung der Versiegelung (Nr. 02.13.4, Ausgabe 2007)“ des Umweltatlases für Berlin)

Bodeneinheit	Versickerung (mm/a)	Mittelwert der Versickerung (mm/a)
Böden mit geringer Vegetationsbedeckung oder ohne Vegetation	300	300
stark anthropogen veränderte Böden der Innenstadt und der Industriegebiete	200-250	225
sandige Böden des Urstromtals und Hochflächenböden mit sandigem Untergrund	150-200	175
Waldböden mit sandigem Untergrund	100-150	125
lehmige-mergliche Böden der Hochflächen	50-100	75
Böden mit flurnahem Grundwasser	50	50

Tab. 24: Ableitung der jährlichen Versickerung in (mm/a) für Bodenarten in Berlin

(Quelle: eigene Darstellung nach der Karte „Versickerung aus Niederschlägen ohne Berücksichtigung der Versiegelung (Nr. 02.13.4, Ausgabe 2007)“ des Umweltatlases für Berlin)

Mittelwert der Versickerung (mm/a)	Bodenart
300	-
225	-
175	ss, us
125	-
100	ls/ss
75	ls, ss/ls
50	II, ls/II
1	gr

ss = Reinsande, us = Schluffsande, ls = Lehmsande, II = Normallehme, gr = Grus, .../... = über

Tab. 25: Zuordnung der im Vergleich berücksichtigten Bewertungsmethoden in den drei Bundesstädten in Gruppen (BE: Berlin, HH: Hamburg, MN: München)

Nr.	Methode	Boden(teil)funktion	Kriterium	Eingangsparameter	Kurzname
1- Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)					
1.6	MN	Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen	Biotopentwicklungspotenzial als Trockenstandort (Wasserspeichervermögen im Durchwurzelungsraum)	<ul style="list-style-type: none"> - Skelettgehalt - Horizontierung - nutzbare Feldkapazität - Nutzung (tw. Versiegelungsgrad) - Bodenform 	MN-LRF2
1.7	MN	Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen	Biotopentwicklungspotenzial als Feuchtstandort (unter dem Einfluss von Grundwasser)	<ul style="list-style-type: none"> - Skelettgehalt - Horizontierung - nutzbare Feldkapazität - Nutzung (tw. Versiegelungsgrad) - Bodenform 	MN-LRF2
2- Naturnähe					
1.1	BE	Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen (naturnähe und seltene Pflanzengesellschaft)	<ul style="list-style-type: none"> - Naturnähe - besondere Extremstandorte (Sonderstandorte) 	<ul style="list-style-type: none"> - Regionale Seltenheit der Bodengesellschaft - Nutzbare Feldkapazität (nFK) - Effektive Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}) - Nutzung - Naturnähe 	BE-LRF2
1.4	HH	Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen	<ul style="list-style-type: none"> - Naturnähe - Seltenheit der standortrelevanten Bodeneigenschaften 	<ul style="list-style-type: none"> - KAK_{pot} & pH-Wert des Oberbodens - Nutzung - Substratabfolge - Horizontabfolge - besondere Merkmale 	HH-LRF2
3- Potenzial zur Belastung mit Schadstoffen					
1.3	HH	Lebensraum für Menschen	Schadstofffreiheit des Oberbodens	<ul style="list-style-type: none"> - Schadstoffgehalte im Oberboden nach BBodSchV - Bodenart - Humusgehalt 	HH-LRF1
1.5	MN	Bodenbelastung durch stoffliche Einwirkungen	stoffliche Belastung durch stoffliche Einwirkungen	<ul style="list-style-type: none"> - stoffliche Bodenbelastung (Schadstoffgehalt, gemessen bzw. Hinweise von Schwermetalle und organische Schadstoffe) gemäß BBodSchG und BBodSchV 	MN-LRF1

Tab. 25: Fortsetzung

Nr.	Methode	Boden(teil)funktion	Kriterium	Eingangsparameter	Kurzname
4- Regelung im Wasserhaushalt					
2.1	BE	Regelungsfunktion für den Wasserhaushalt	Austauschhäufigkeit des Bodenwassers	- Versickerung aus Niederschlägen - nutzbare Feldkapazität	BE-BNH1
2.2	HH	Bestandteil im Wasserkreislauf	Fähigkeit des Oberbodens zur Wasseraufnahme	- Nutzung & Biotoptyp - bzw. Kf-Wert (abgeleitet aus Bodenart, Lagerungsdichte)	HH-BNH1
2.4	MN	Versickerungspotenzial für Oberflächenwasser	Infiltration- und Versickerungspotenzial des Bodens von Niederschlagswasser	- Skelettgehalt - Lagerungsdichte - Horizontierung/Bodenform - Durchlässigkeitswert (kf-Wert) - nutzbare Feldkapazität - Luftkapazität - Nutzung (tw. Versiegelungsgrad) - Grundwasserflurabstand	MN-BNH1
5- Regulator im Nährstoffkreislauf					
1.2	BE	Ertragsfunktion für Kulturpflanzen	Fähigkeit des Bodens zur Wasser- und Nährstoffabgabe an die Pflanzen	- Nutzbare Feldkapazität (nFK) - Flurabstand - S-Wert	BE-LRF2
2.3	HH	Bestandteil im Nährstoffkreislauf	Fähigkeit des Bodens zur Nährstoffabgabe an die Vegetation	- Deckungsgrad - Nutzung	HH-BNH2
6- Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle					
3.1	BE	Puffer- und Filterfunktion von Boden und Untergrund	Bindungsstärke für Schwermetalle (Empfindlichkeit der Böden gegenüber Metallbelastungen)	- pH-Wert - Humusgehalt - Bodenart & Tongehalt - Skelett	BE-AAA1
3.4	HH	Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter- und Puffereigenschaften für Schwermetalle	Fähigkeit zur Bindung von Schwermetallen im Boden	- Horizontsymbol,- lage und- mächtigkeit - Bodenart - Humusgehalt oder Humusstufe - pH-Wert - Skelettgehalt	HH-AAA1
3.8	MN	Potenzial als Filter und Puffer für Schwermetalle	Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle	- Humusgehalt - Skelettgehalt - Bodenart / Tongehalt - pH-Wert - Horizontierung / Bodenform - Nutzung (tw. Versiegelungsgrad)	MN-AAA1

Tab. 25: Fortsetzung

Nr.	Methode	Boden(teil)funktion	Kriterium	Eingangsparameter	Kurzname
7- Bindung von organischen Schadstoffen					
3.5	HH	Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter- und Puffereigenschaften für organische Schadstoffe	Fähigkeit zur Bindung von organischen Schadstoffen im Boden	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenart - Humusgehaltsklasse - Horizontsymbol,- Lage und- mächtigkeit - Zersetzungsstufe 	HH-AAA2
8- Abbau von organischen Schadstoffen					
3.6	HH	Abbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Stoffumwandlungseigenschaften (organische Schadstoffe)	Fähigkeit zum mikrobiellen Abbau von organischen Substanzen	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenart- und typ - Substrat - Skelett - Horizontsymbol - Humusform- und gehalt - Gefüge - Farbe - pH-Wert 	HH-AAA3
9- Säureneutralisationsvermögen					
3.7	HH	Pufferung von Säureeinträgen	Fähigkeit zur Neutralisation von Säuren	<ul style="list-style-type: none"> - Horizontsymbol,- Lage und- mächtigkeit - Tongehalt - Skelettgehalt - Trockenrohddichte - Humusgehalt - pH-Wert - Karbonatgehalt 	HH-AAA4
10- Speicherpotenzial für Nährstoffe (Nährstoffpufferung)					
3.2	BE	Puffer- und Filterfunktion von Boden und Untergrund	Fähigkeit des Bodens zur Bindung von Nährstoffen (Nährstoffspeichervermögen)	<ul style="list-style-type: none"> - Effektive Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}) 	BE-AAA1
11- Schutzfunktion des Grundwassers					
3.3	BE	Puffer- und Filterfunktion von Boden und Untergrund	Filtervermögen (Sickerwasserverweilzeit; Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung)	<ul style="list-style-type: none"> - Grundwasserflurabstand - Wasserdurchlässigkeit - Grundwasserneubildungsrate 	BE-AAA1
2.5	MN	Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium...,insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers	Qualitative Aspekte der Grundwasserneubildung	<ul style="list-style-type: none"> - Skelettgehalt - Lagerungsdichte - Horizontierung/Bodenform - Durchlässigkeitswert (kf-Wert) - nutzbare Feldkapazität - Nutzung (tw. Versiegelungsgrad) - Grundwasserflurabstand 	MN-BNH1

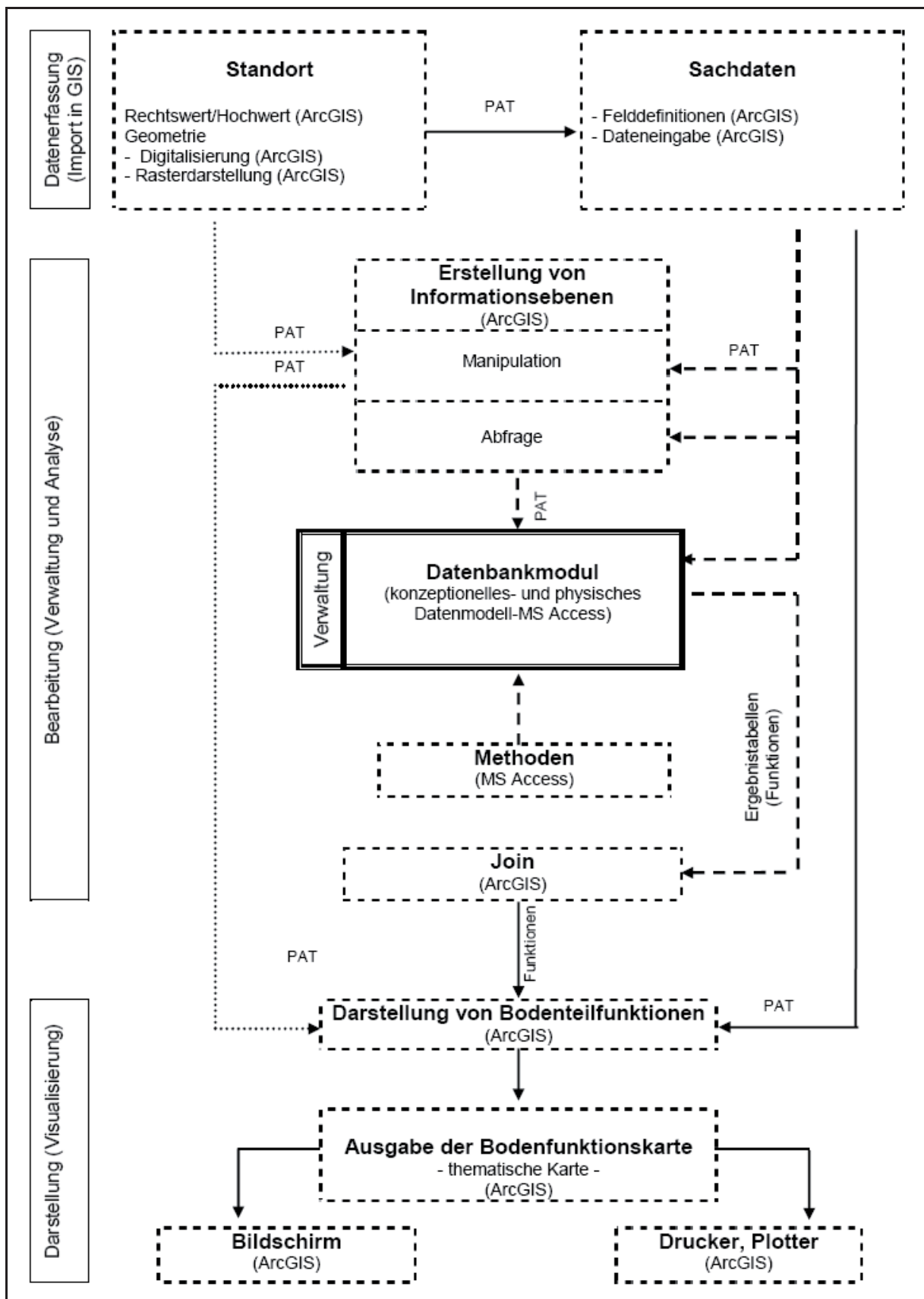


Abb. 7: Ablauf der Bodenfunktionsbewertung mittels GIS und digitaler Kartographie
(Quelle: eigene Darstellung nach GESCHWINDER 1997)

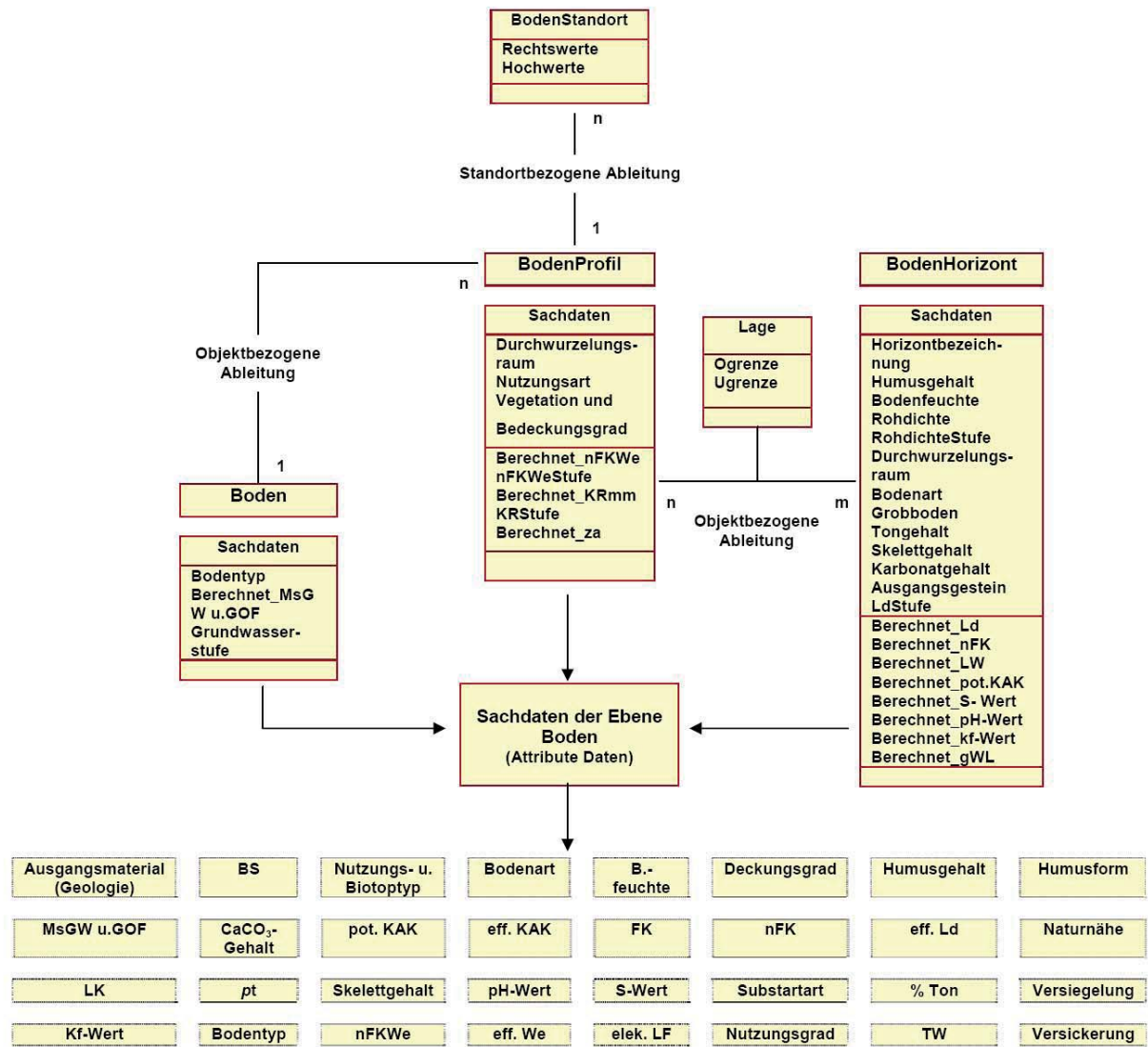


Abb. 15: Systematische Relation zwischen Bodendaten zur Ableitung bodenkundlicher Parameter, welche die Attributdaten in dBase darstellen
(Quelle: eigene Darstellung)

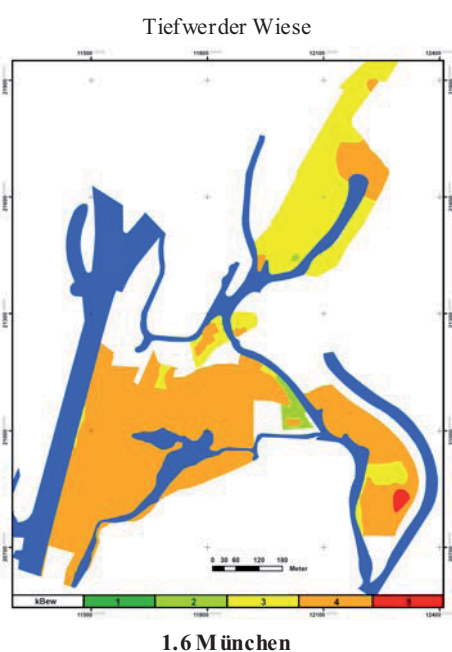
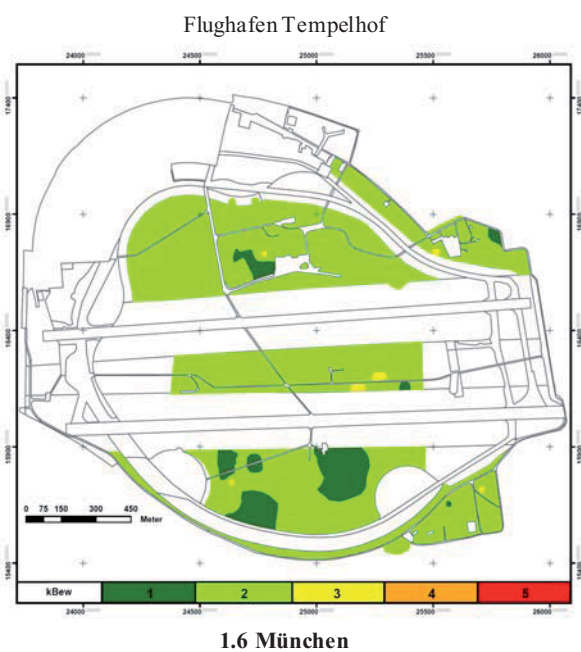
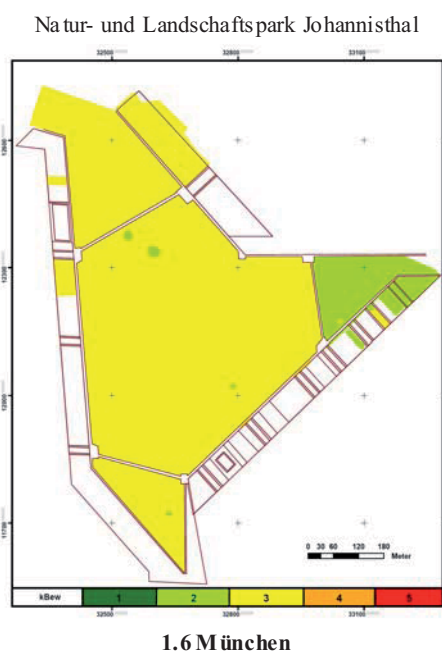


Abb. 24: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Standort-potenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential“ (Methode MN 1.6) für die Testgebiete „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“

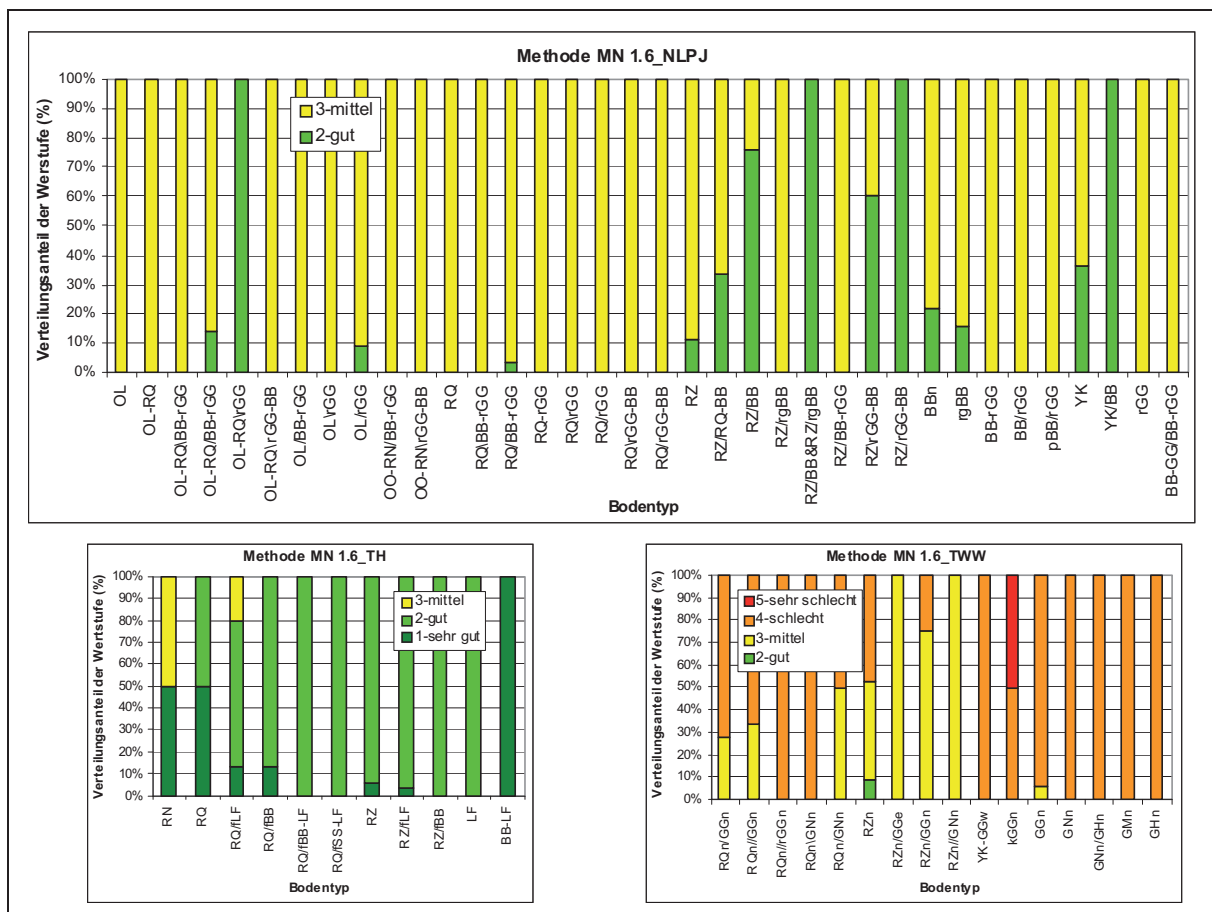
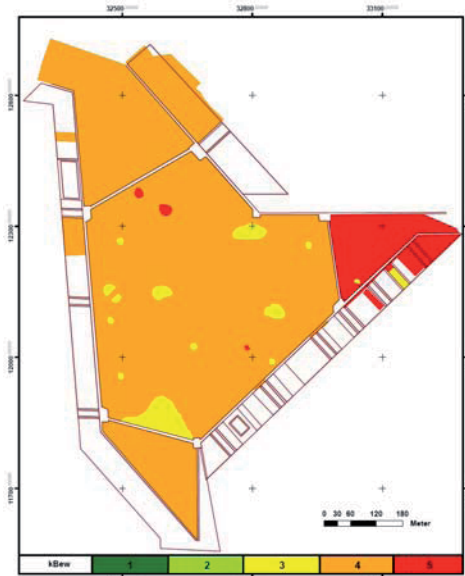


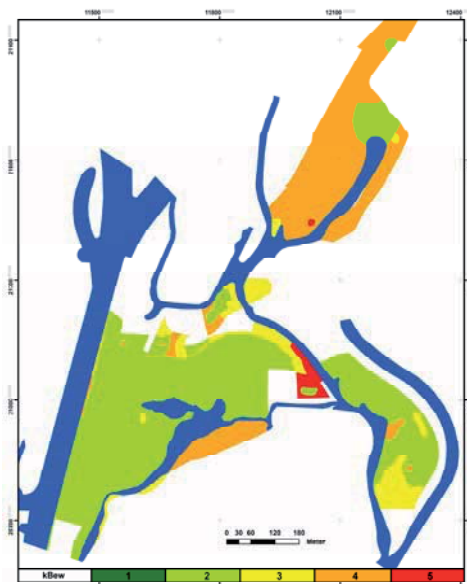
Abb. 25: Verteilungsanteile der Bewertungwertstufen je Bodentyp für die Methode MN 1.6 der Gruppe „Standortpotenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)“ in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ), Flughafen Tempelhof (TH) und Tiefwerder Wiese (TWW)“

Natur- und Landschaftspark Johannisthal



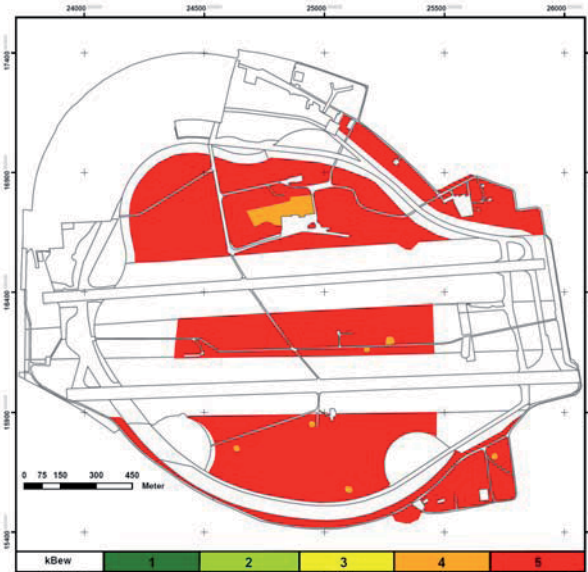
1.7 München

Tiefwerder Wiese



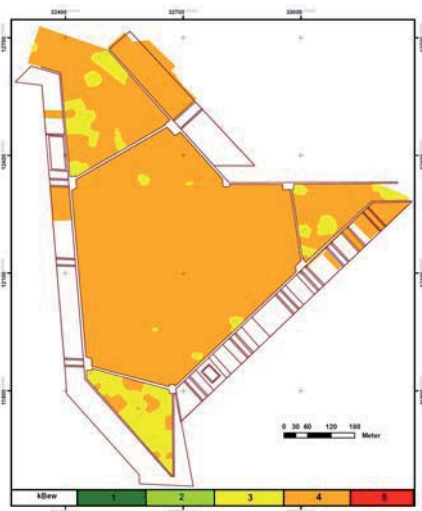
1.7 München

Flughafen Tempelhof



1.7 München

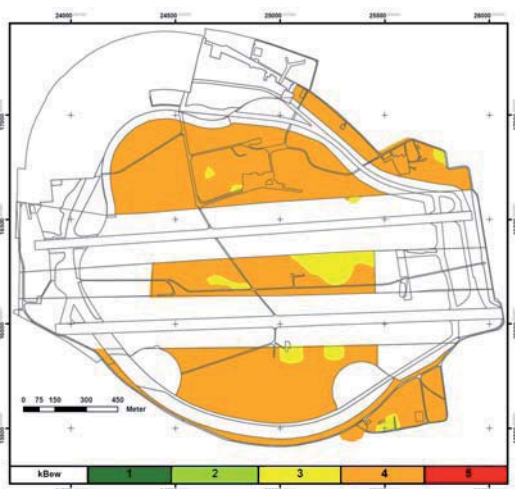
Abb. 27: Bodenfunktionskarten der Gruppe „Standort-potenzial für natürliche Vegetation (Biotopentwicklungspotential)“ (Methode MN 1.7) für die Testgebiete „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“



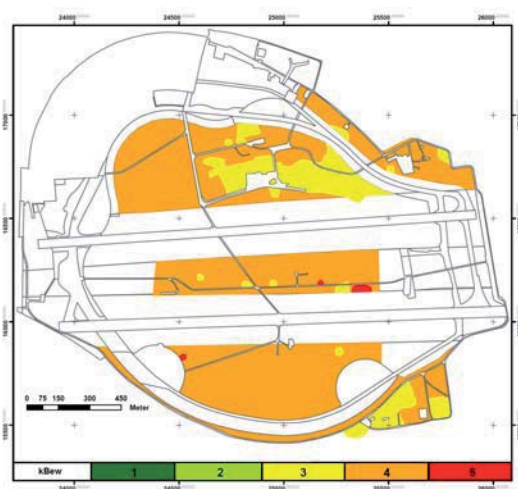
1.1 Berlin
Flughafen Tempelhof



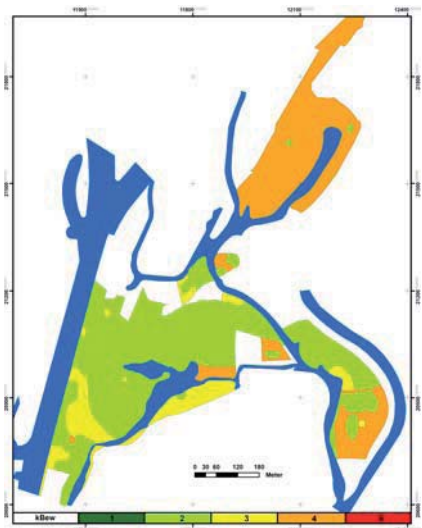
1.4 Hamburg



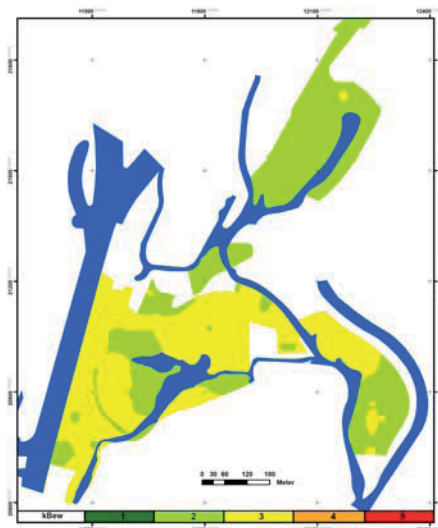
1.1 Berlin
Tiefwerder Wiese



1.4 Hamburg



1.1 Berlin



1.4 Hamburg

Abb. 30: Bodenfunktionskarten der Gruppe „Naturnähe“ (Methoden BE 1.1 und HH 1.4) für die Testgebiete „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“

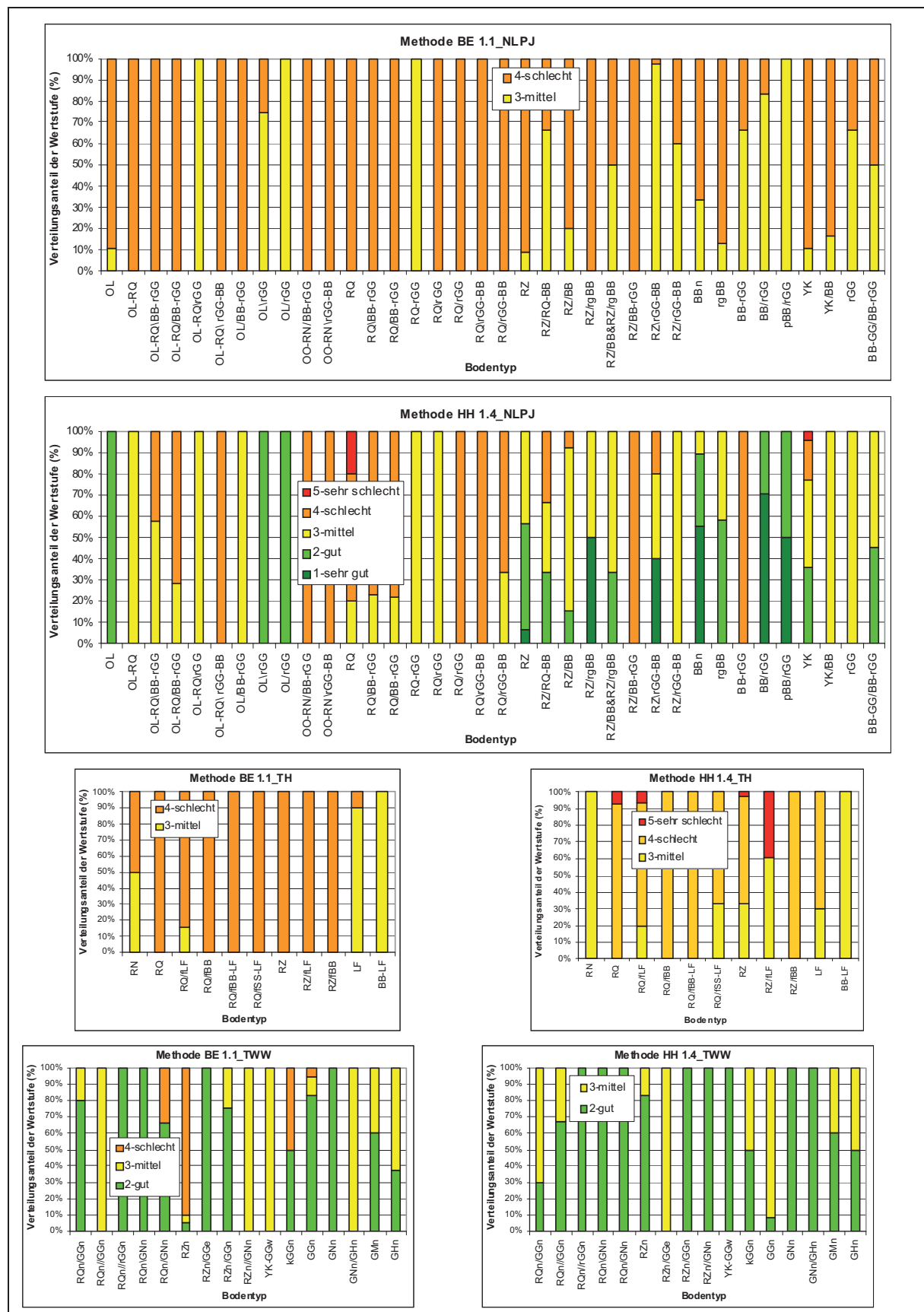
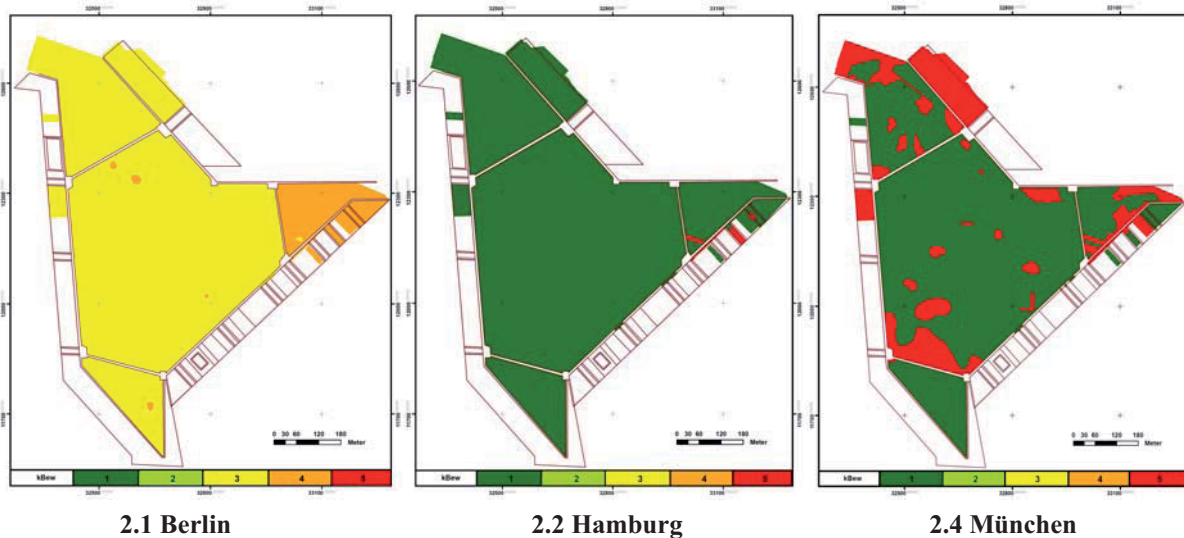
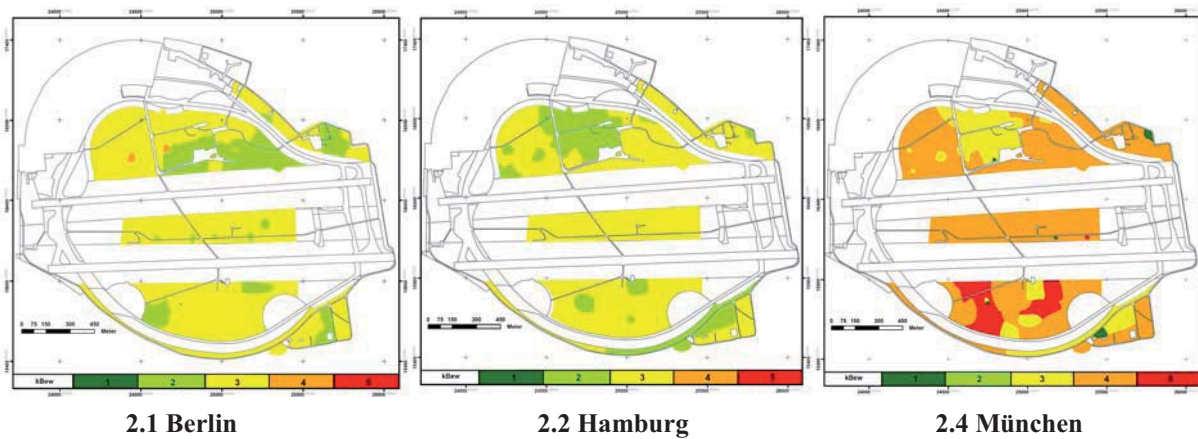


Abb. 31: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die identischen Methoden BE 1.1 und HH 1.4 der Gruppe „Naturnähe“ in den Testgebieten (NLPJ = Natur- und Landschaftspark Johannisthal, TH = Flughafen Tempelhof, TWW = Tiefwerder Wiese)

Natur- und Landschaftspark Johannisthal



Flughafen Tempelhof



Tiefwerder Wiese

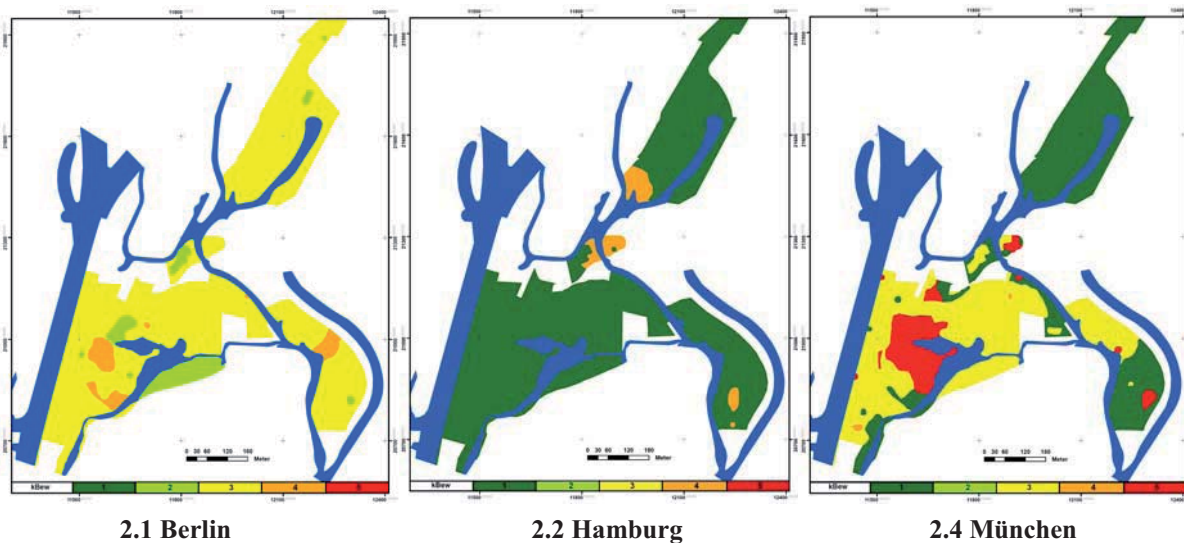


Abb. 38: Bodenfunktionskarten der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“ (Methoden BE 2.1, HH 2.2 und MN 2.4) für die Testgebiete „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“

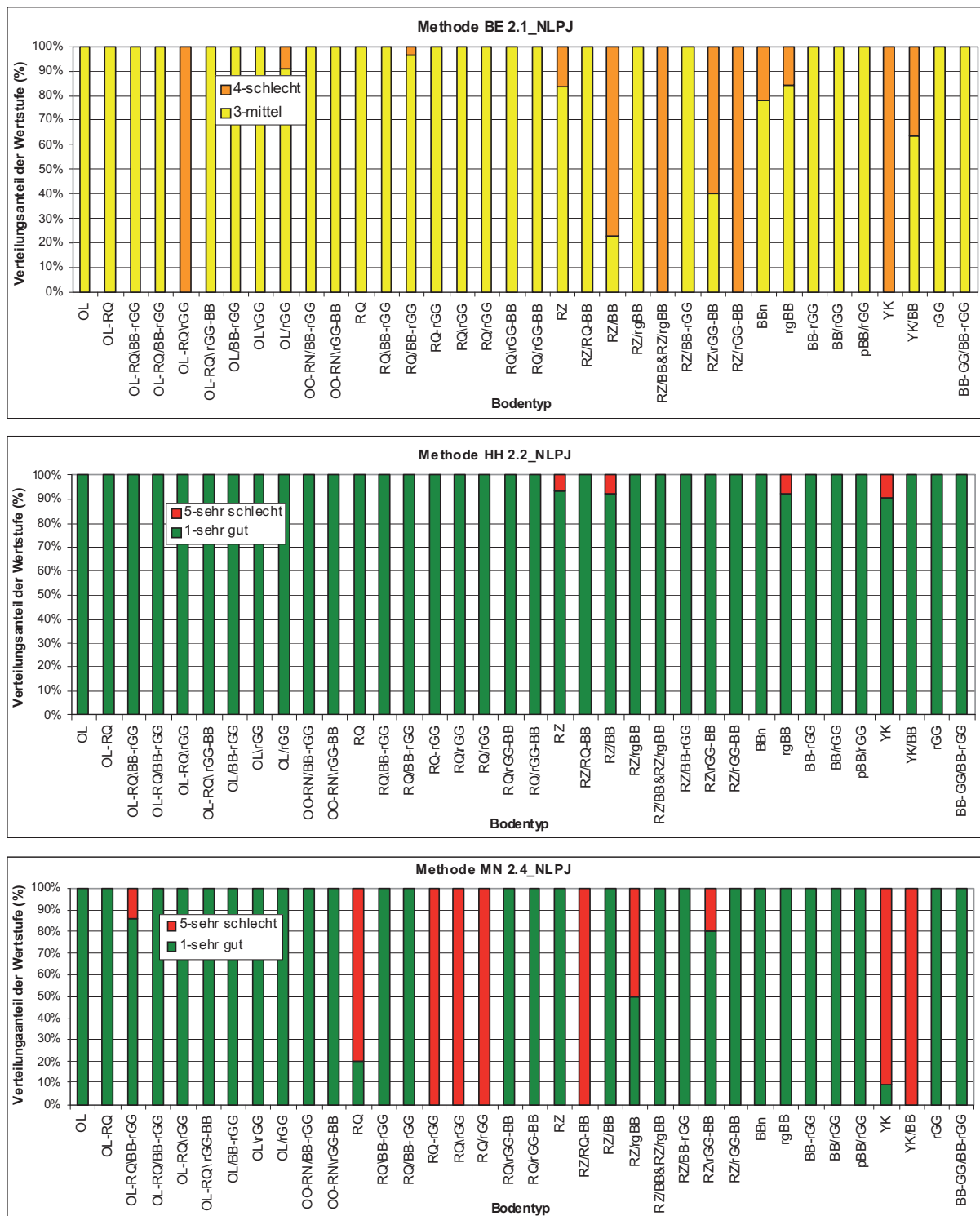


Abb. 39: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methoden BE 2.1, HH 2.2 und MN 2.4 der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“ im Testgebiet „Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ)“

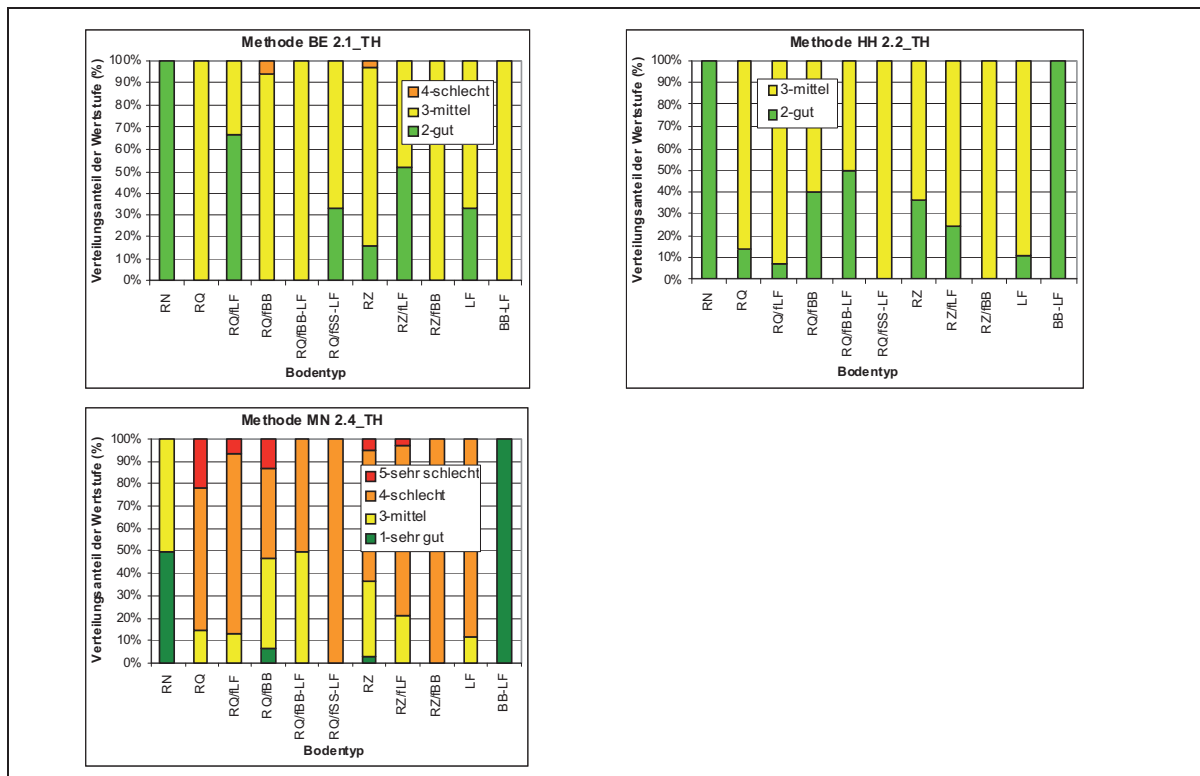


Abb. 40: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methoden BE 2.1, HH 2.2 und MN 2.4 der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“ im Testgebiet „Flughafen Tempelhof (TH)“

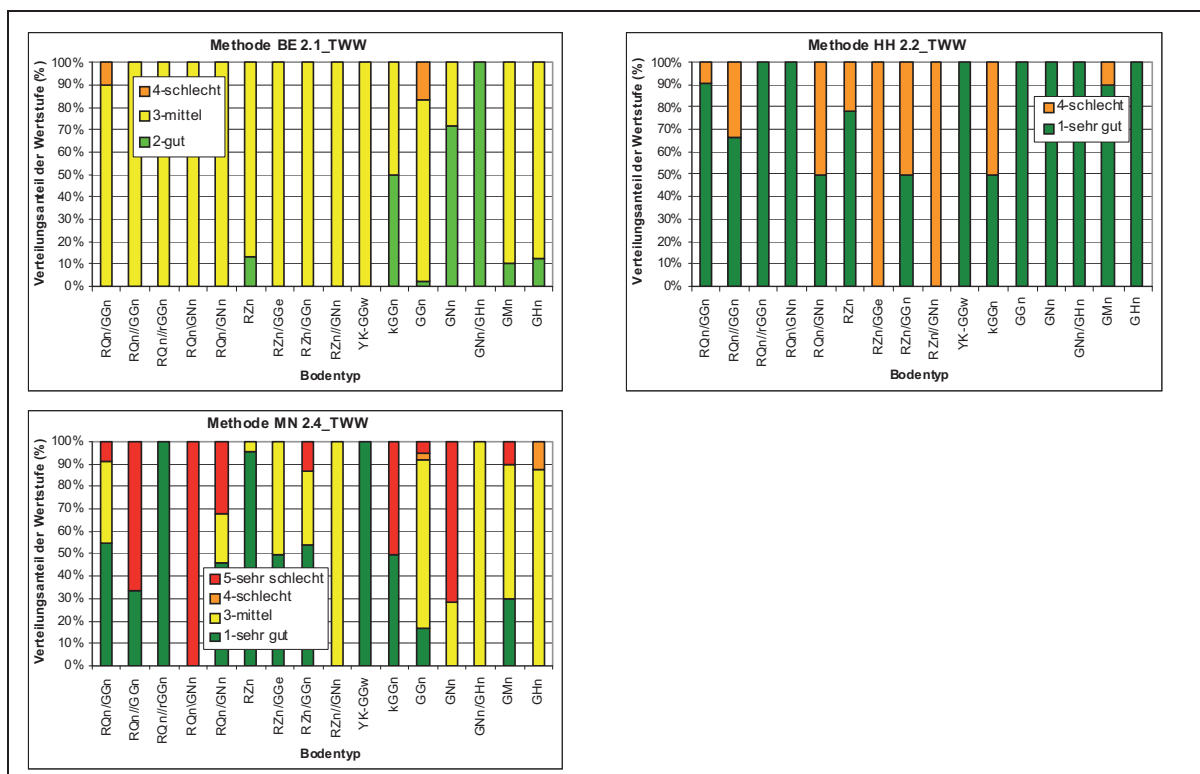
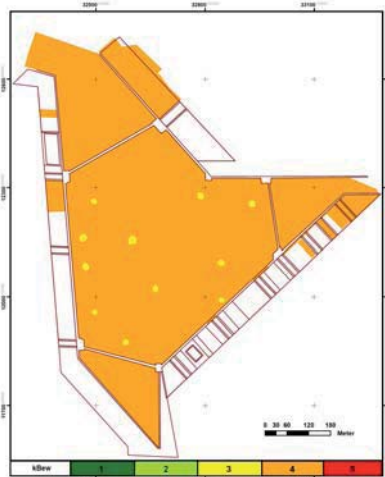


Abb. 41: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methoden BE 2.1, HH 2.2 und MN 2.4 der Gruppe „Regelung im Wasserhaushalt“ im Testgebiet „Tiefwerder Wiese (TWW)“

Natur- und Landschaftspark Johannisthal

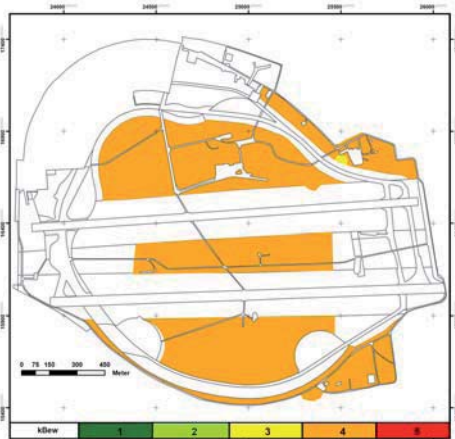


1.2 Berlin

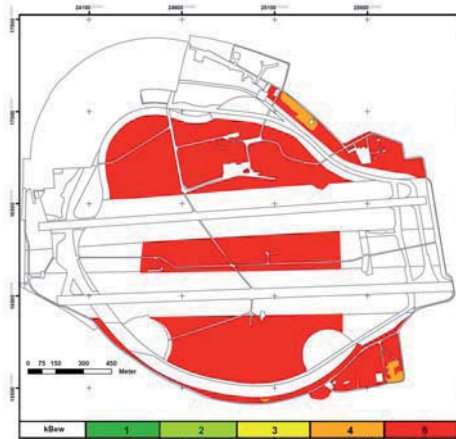


2.3 Hamburg

Flughafen Tempelhof

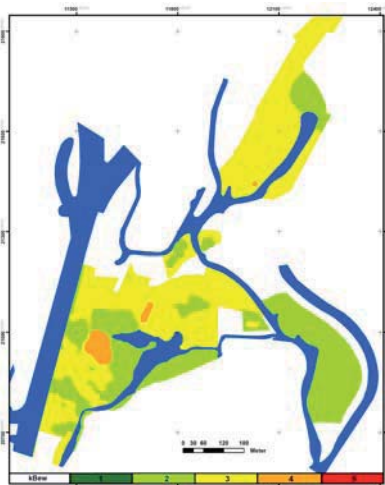


1.2 Berlin

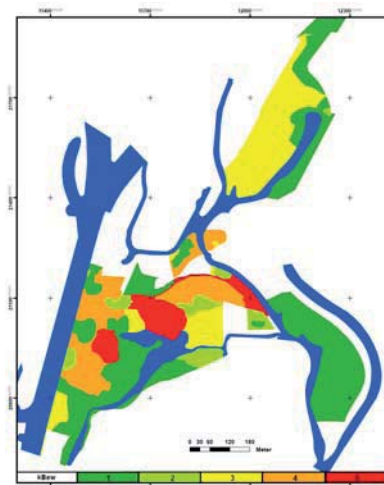


2.3 Hamburg

Tiefwerder Wiese



1.2 Berlin



2.3 Hamburg

Abb. 43: Bodenfunktionskarten der Gruppe „Regulator im Nährstoffkreislauf“ (Methoden BE 1.2 Berlin und HH 2.3 Hamburg) für die Testflächen „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“

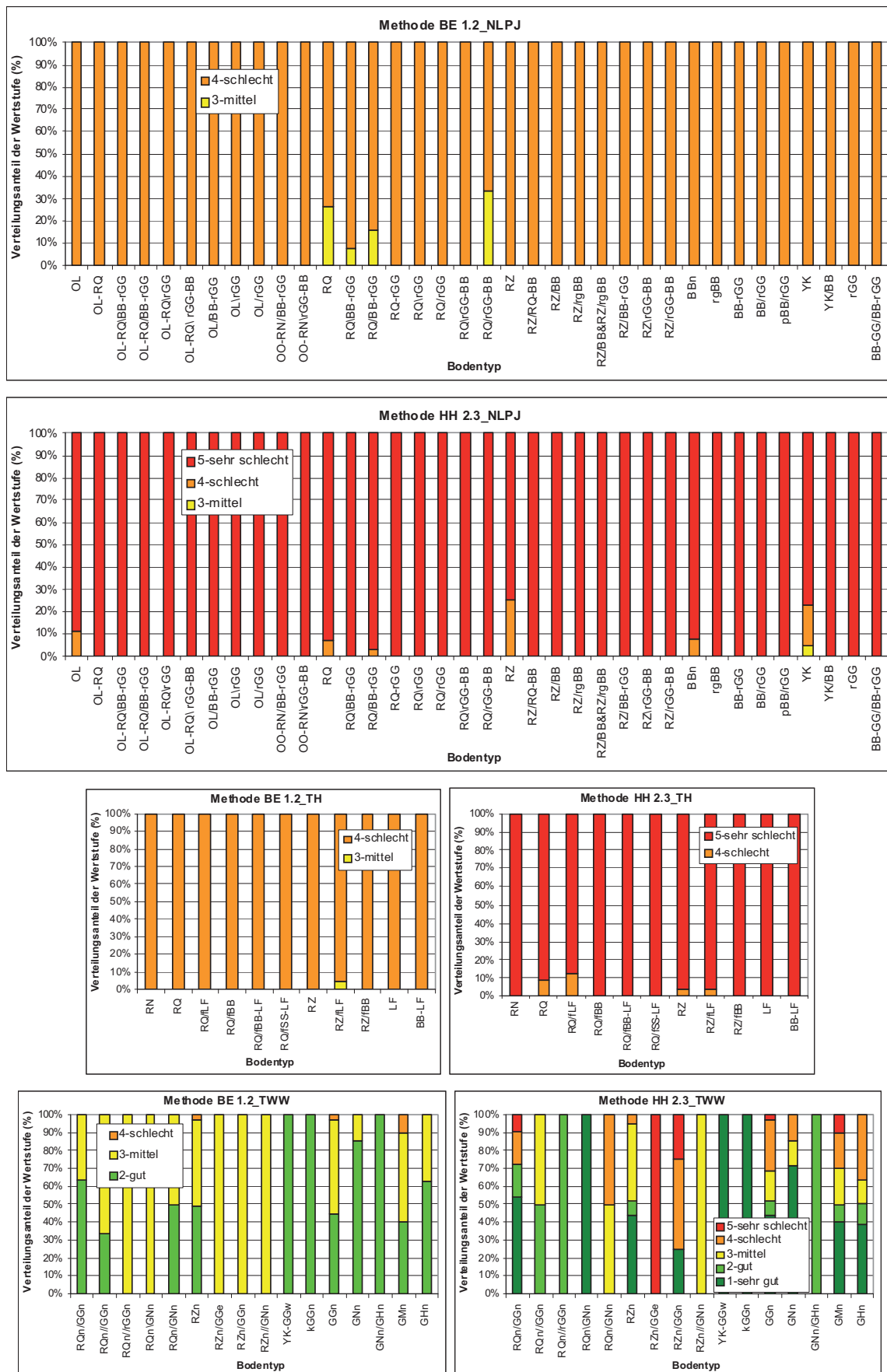
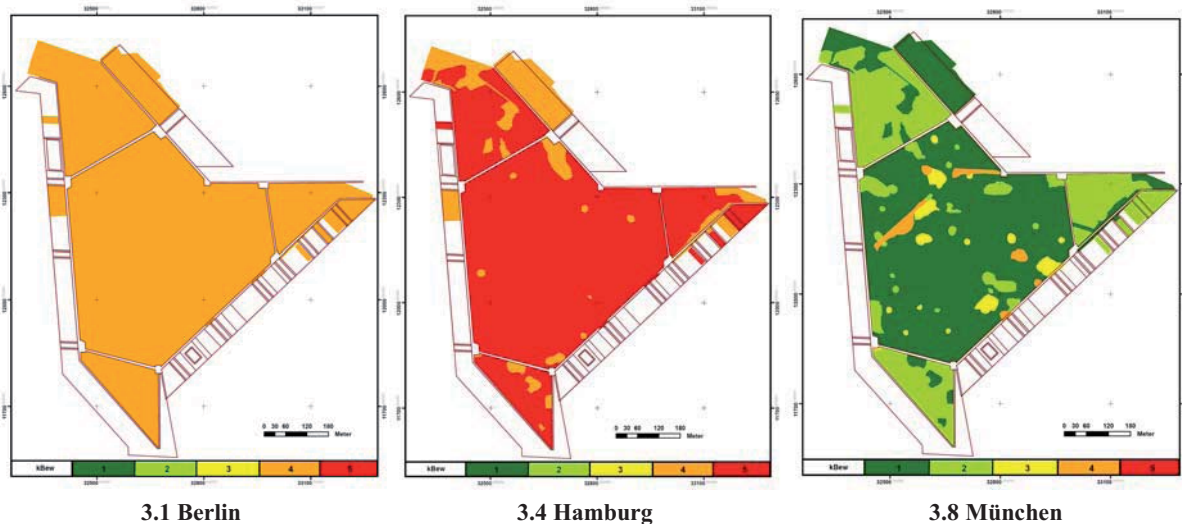
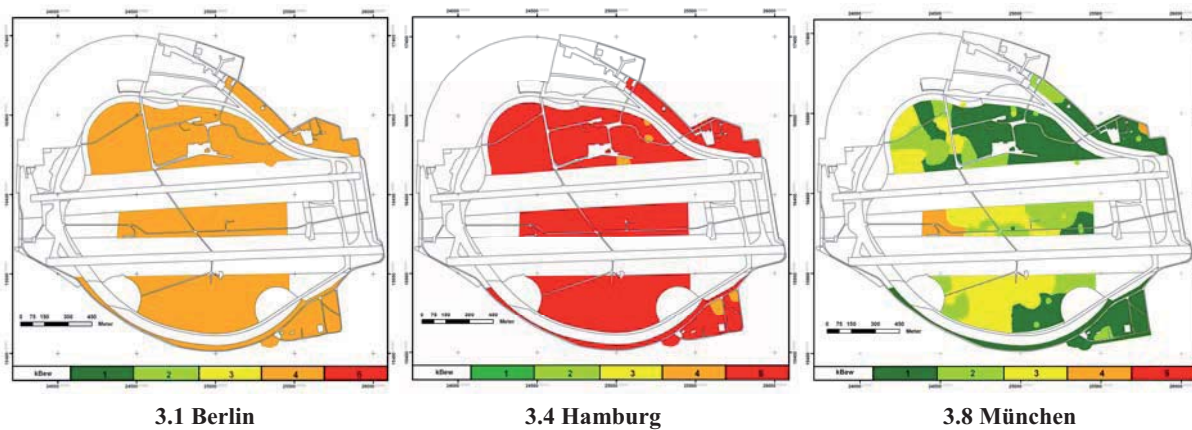


Abb. 44: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methoden BE 1.2 und HH 2.3 der Gruppe „Regulator im Nährstoffkreislauf“ für die Testflächen „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“

Natur- und Landschaftspark Johannisthal



Flughafen Tempelhof



Tiefwerder Wiese

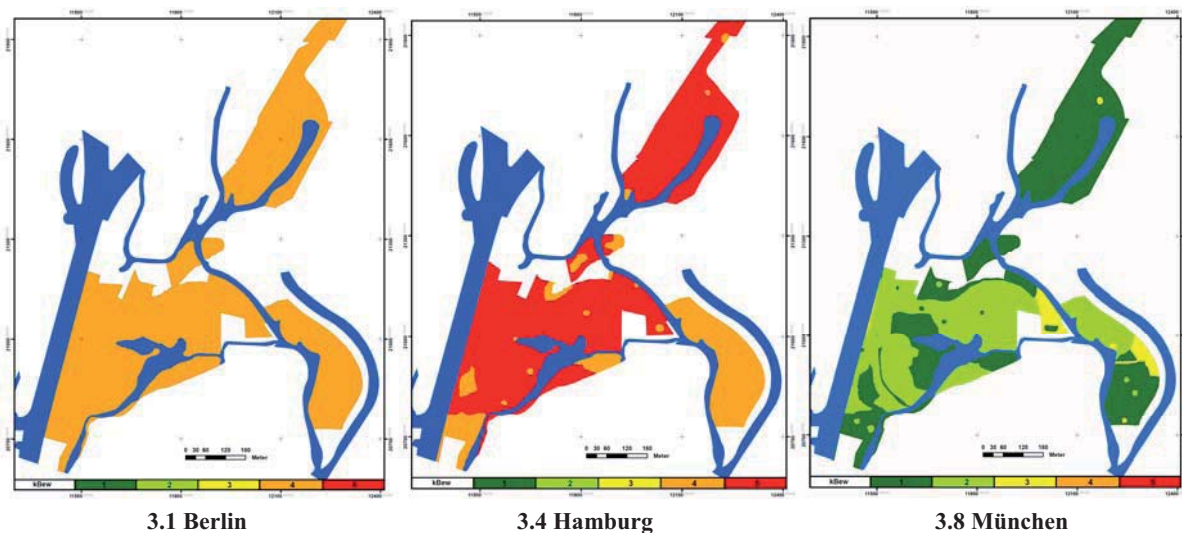


Abb. 46: Bodenfunktionskarten der Gruppe „Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle“ (Methoden BE 3.1 Berlin, HH 3.4 Hamburg und MN 3.8 München) für die Testflächen „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“

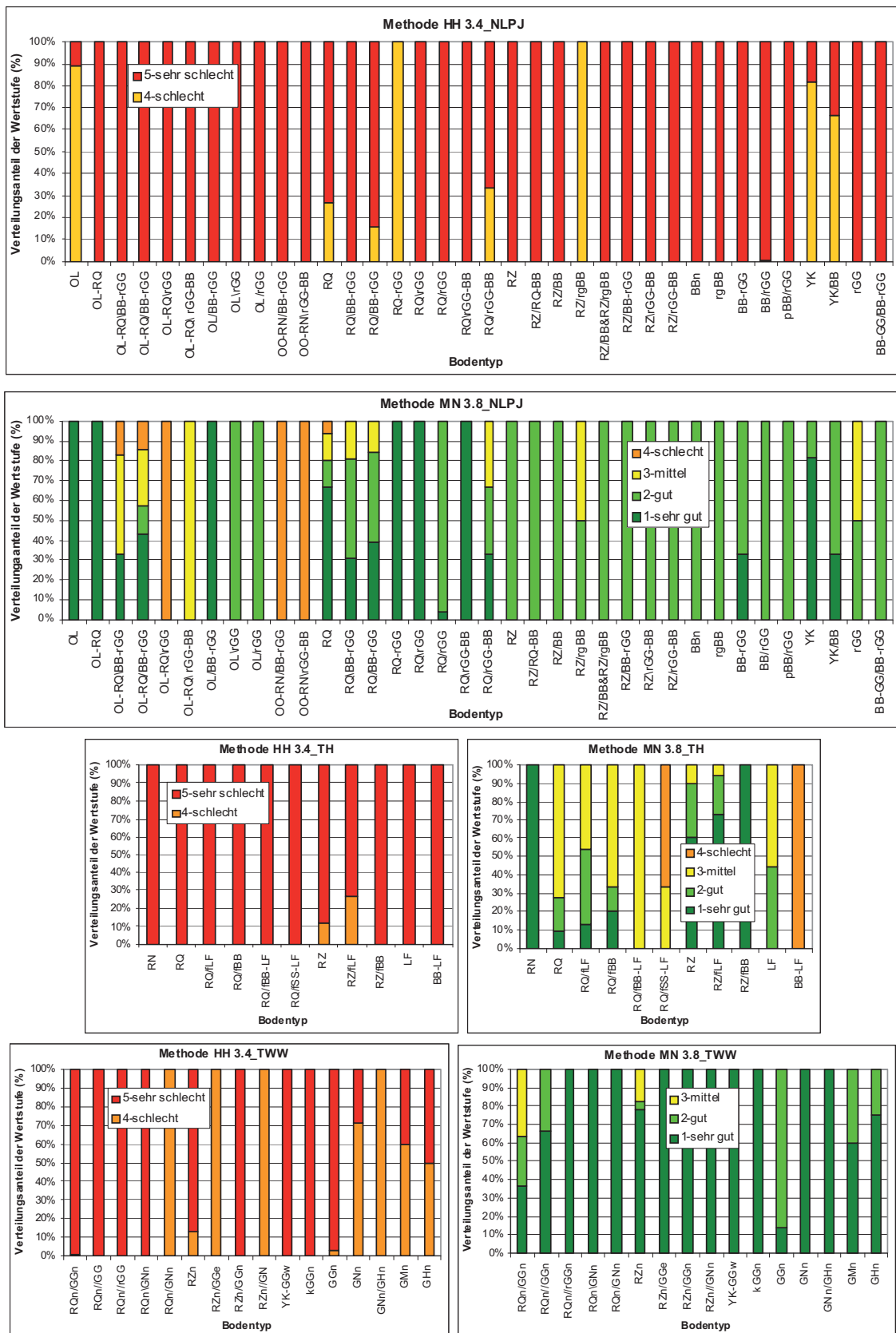


Abb. 47: Verteilungsanteile der Bewertungswertstufen je Bodentyp für die Methoden HH 3.4 und MN 3.8 der Gruppe „Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle“ in den Testflächen „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“

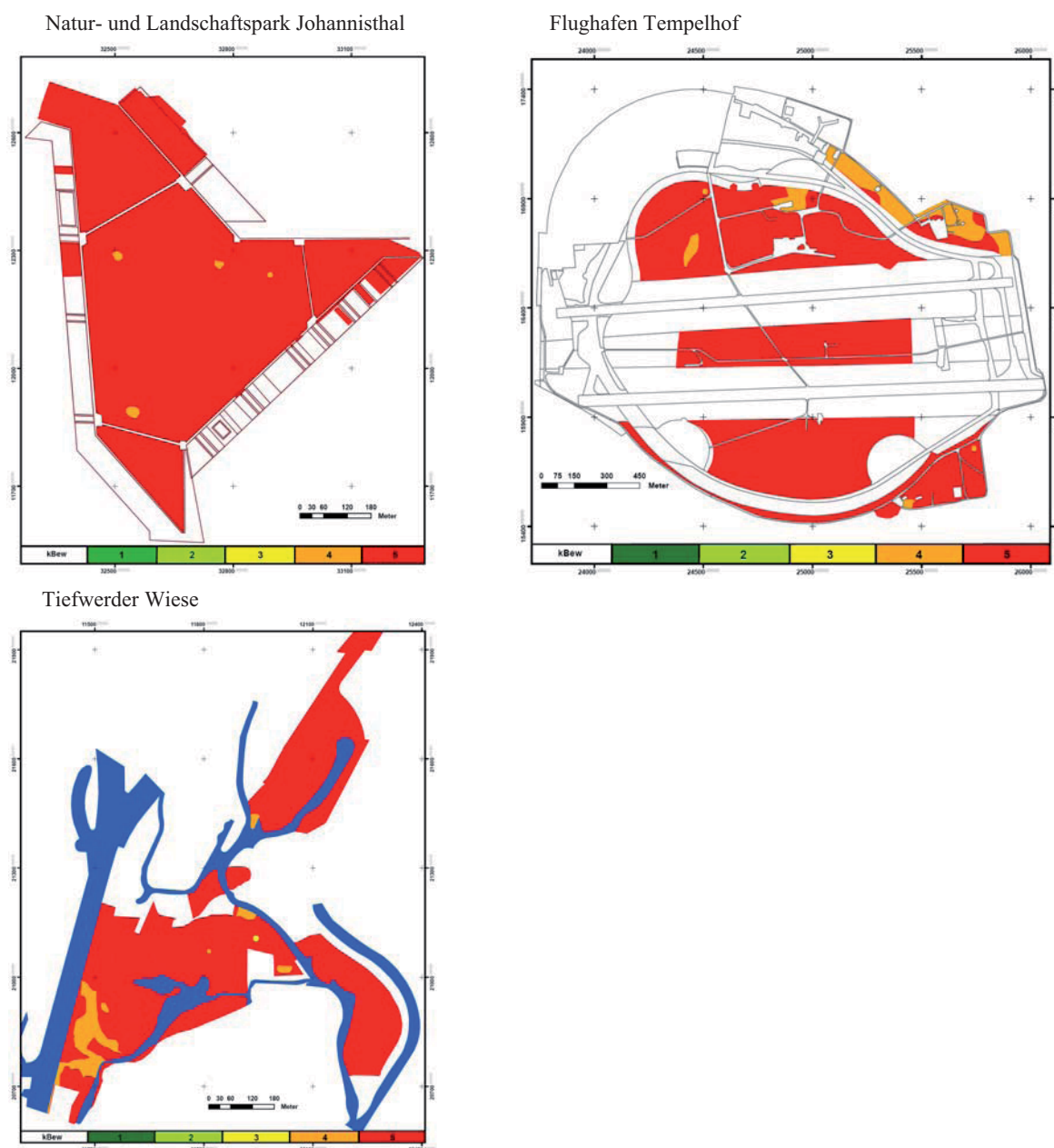
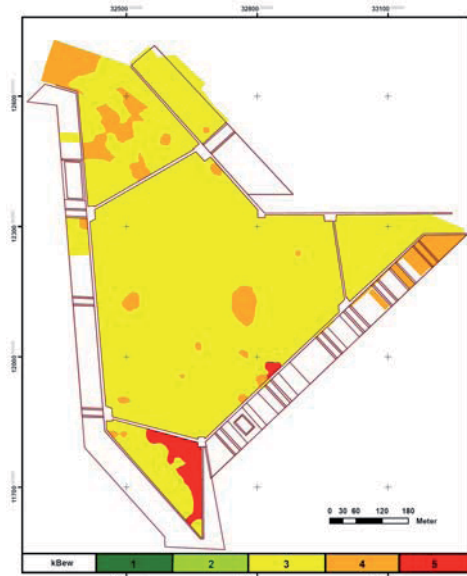
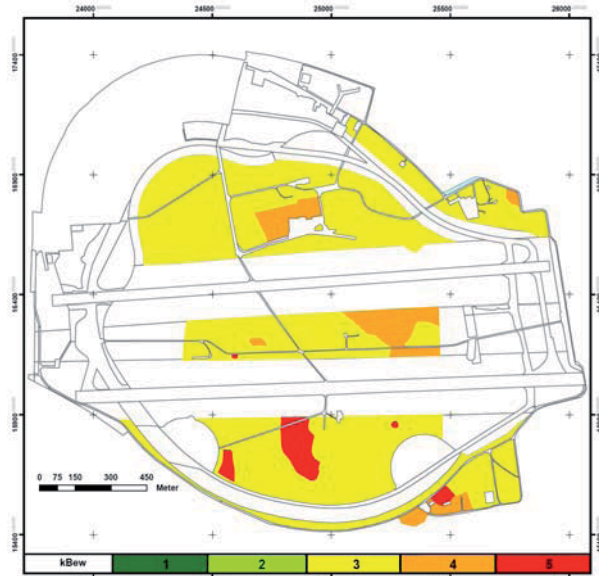


Abb. 49: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Bindung von organischen Schadstoffen“ (Methode HH 3.5) für die Testgebiete „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“

Natur- und Landschaftspark Johannisthal



Flughafen Tempelhof



Tiefwerder Wiese

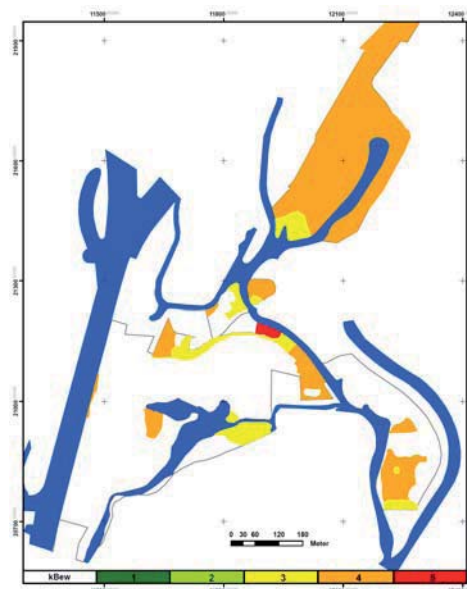


Abb. 52: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Abbau von organischen Substanzen“ (Methode HH 3.6) für „Standorte mit anthropogenen Böden“ in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“

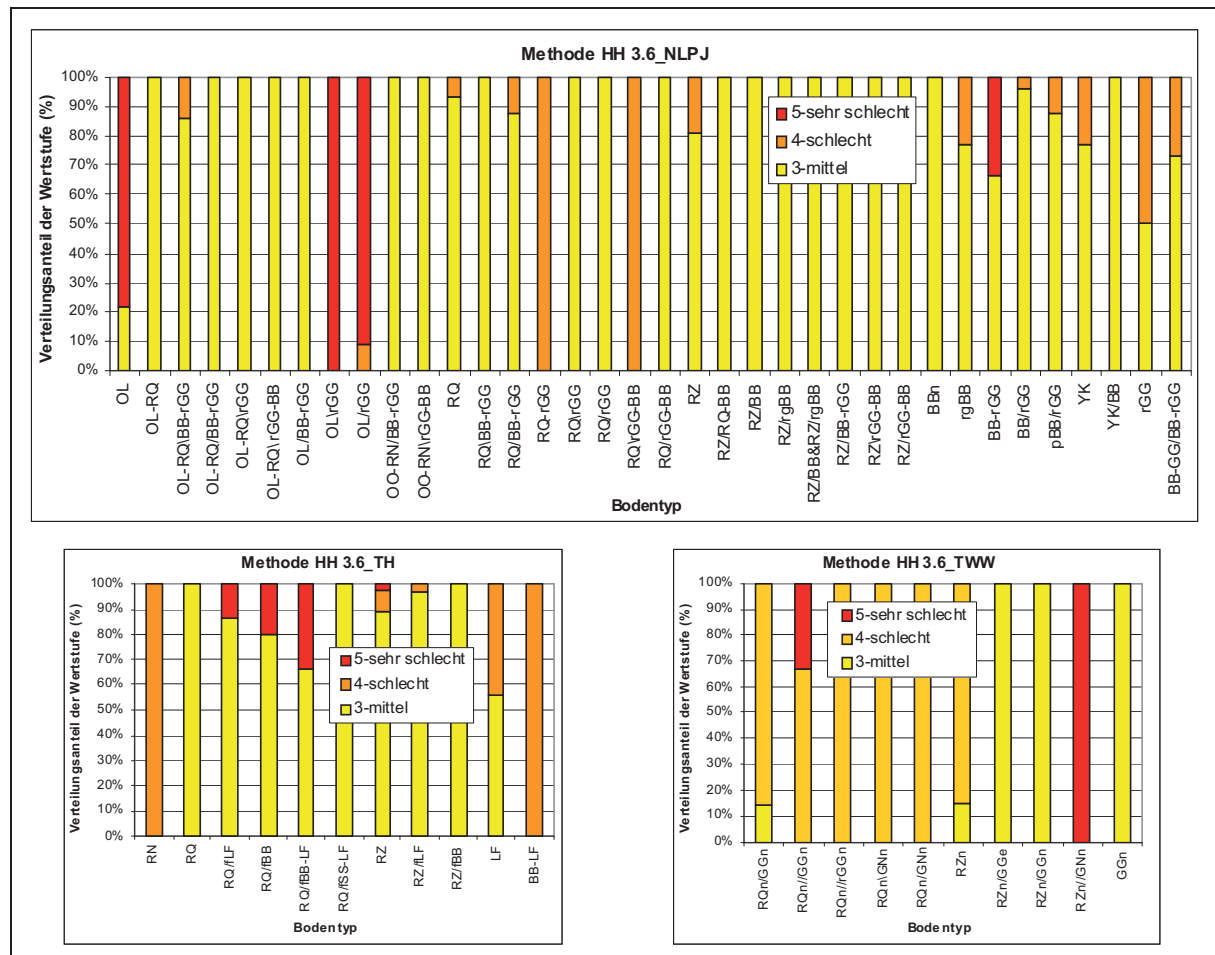


Abb. 53: Verteilungsanteile der Bewertungwertstufen je Bodentyp für die Methode HH 3.6 der Gruppe „Abbau von organischen Schadstoffen“ in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ), Flughafen Tempelhof (TH) und Tiefwerder Wiese (TWW)“; „Standorte mit anthropogenen Böden“

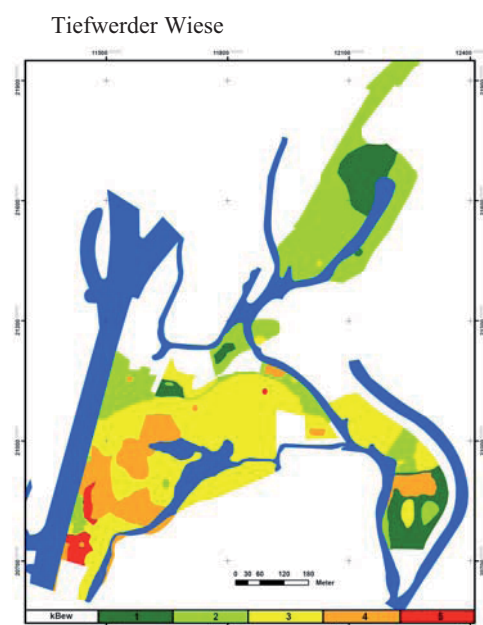
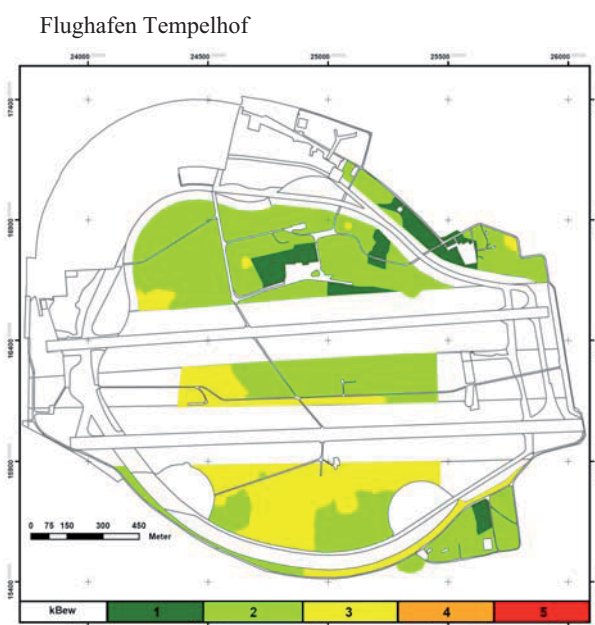
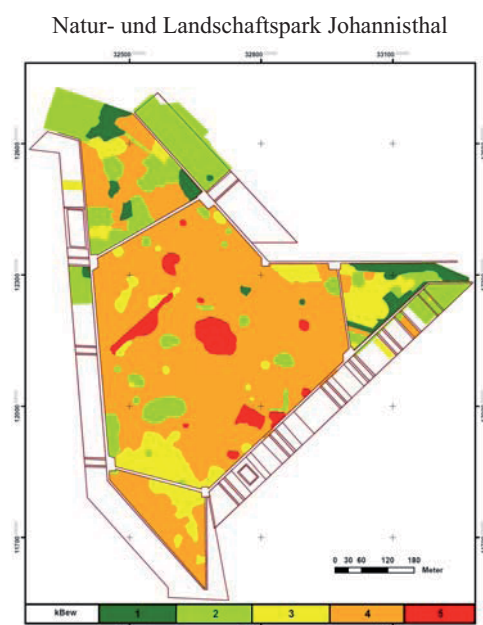


Abb. 58: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Säure-neutralisationsvermögen“ (Methode HH 3.7) für „Standorte mit anthropogenen Böden“ in den Test-gebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“

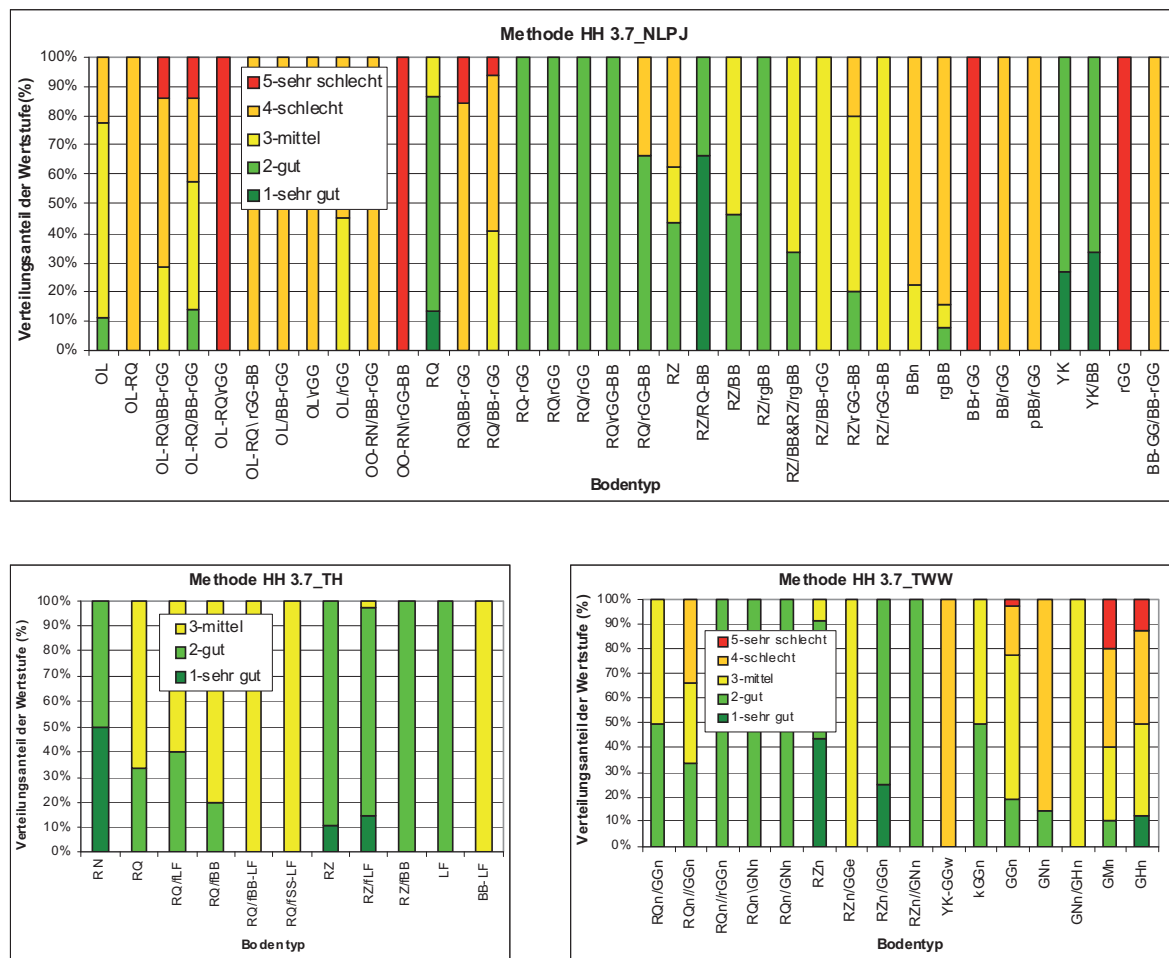


Abb. 59: Verteilungsanteile der Bewertungwertstufen je Bodentyp für die Methode HH 3.7 der Gruppe „Säureneutralisationsvermögen“ in den Testgebieten „Natur- und Landschaftspark Johannisthal (NLPJ), Flughafen Tempelhof (TH) und Tiefwerder Wiese (TWW)“; „Standorte mit anthropogenen Böden“

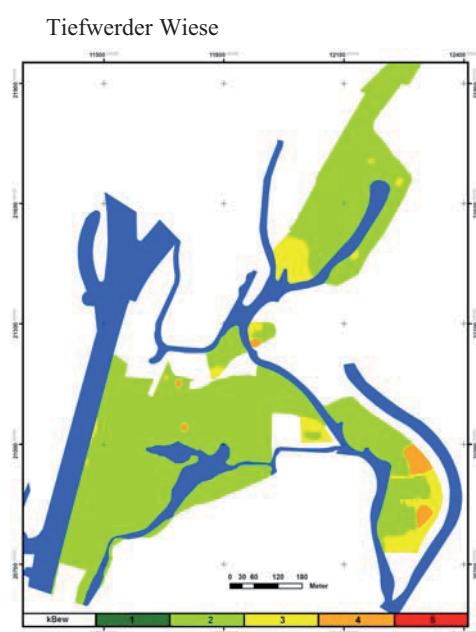
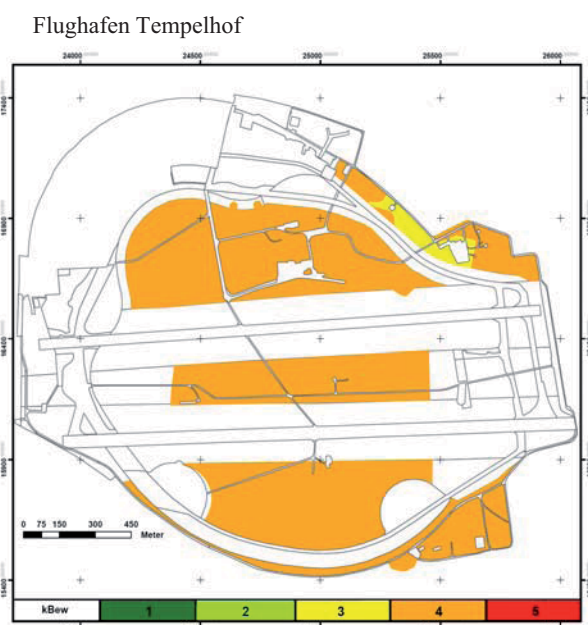
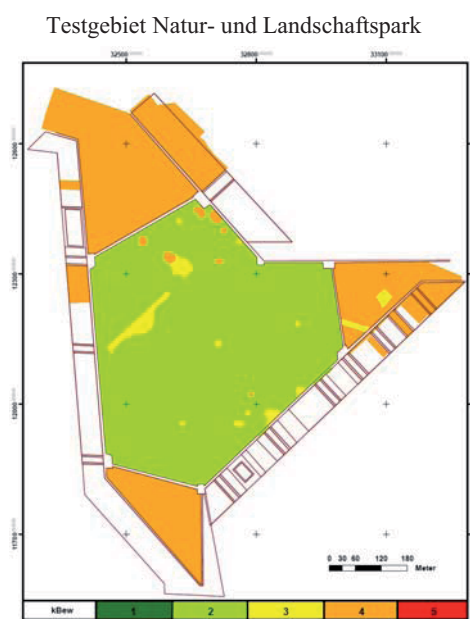
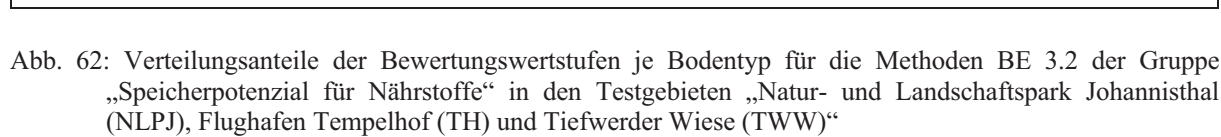
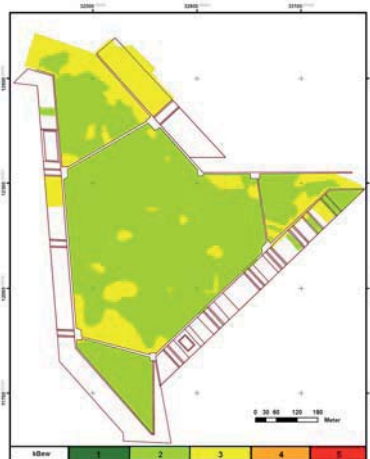


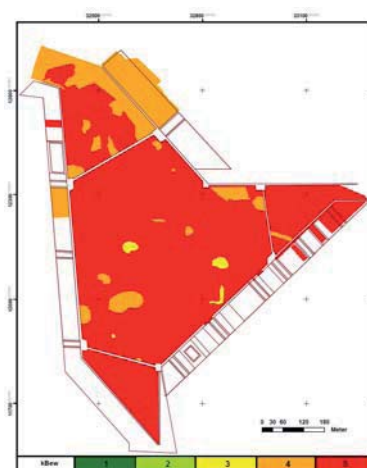
Abb. 61: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Speicherpotenzial für Nährstoffe“ (Methode BE 3.2) für die Testgebiet „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Tiefwerder Wiese“



Natur- und Landschaftspark Johannisthal

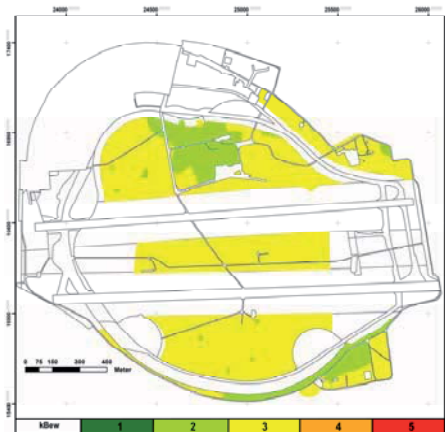


3.3 Berlin

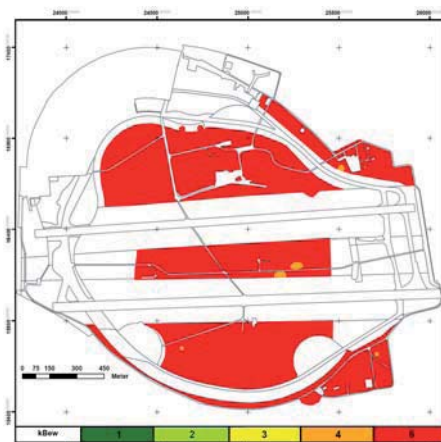


2.5 München

Flughafen Tempelhof

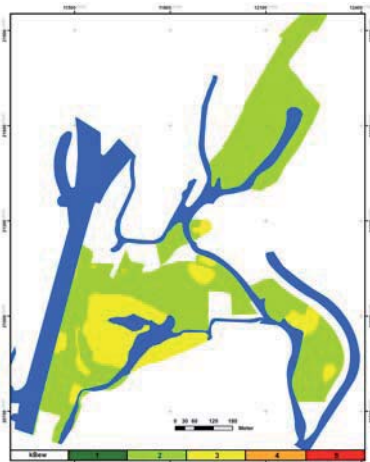


3.3 Berlin

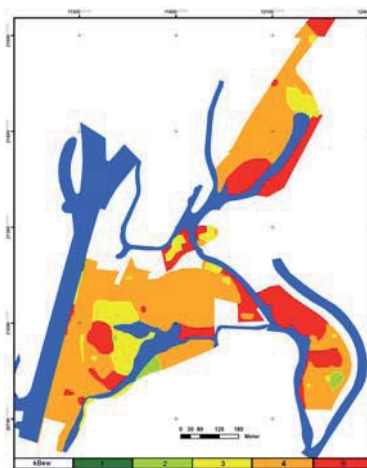


2.5 München

Tiefwerder Wiese



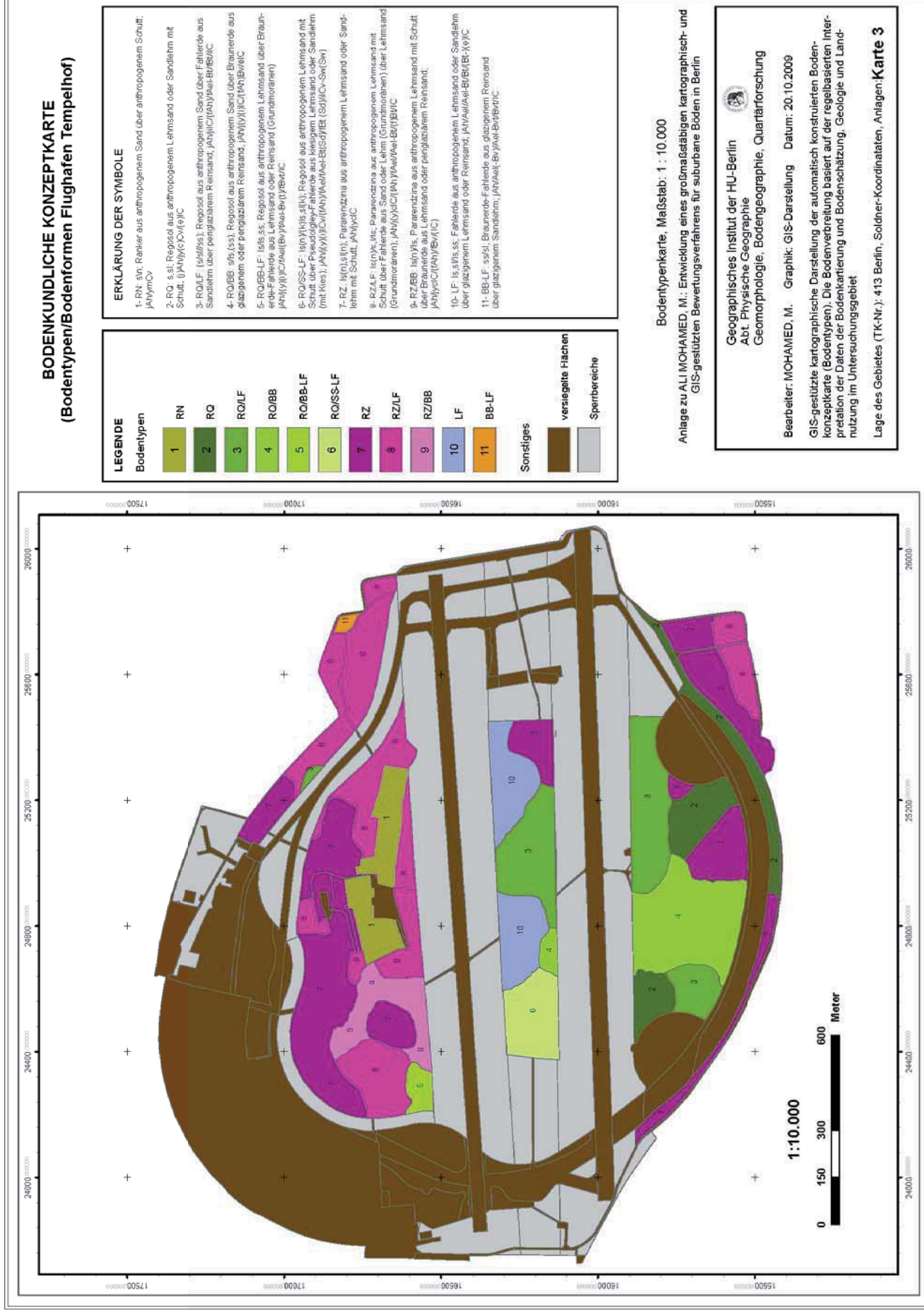
3.3 Berlin



2.5 München

Abb. 64: Bewertungsergebnisse der Gruppe „Schutzfunktion des Grundwassers“ (Methoden BE 3.3 und MN 2.5) für die Testflächen „Natur- und Landschaftspark Johannisthal, Flughafen Tempelhof und Testgebiet Tiefwerder Wiese“





Bodennutzungstypen Flughafen Tempelhof

LEGENDE

Bodennutzung

- Park-, Grünanlage
- Deponie, Industrie- und Gewerbeflächen
- Deponie, Luftverkehrsfläche
- Halde (Aufschüttungen)/Luftverkehrsfläche
- Luftverkehrsfläche
- Luftverkehrsfläche, Deponie
- Luftverkehrsfläche, Deponie, Auftragsfläche
- Sonstiges
- versiegelte Dienstleistungsflächen
- Sperrbereiche

Bodennutzungstypenkarte, Maßstab: 1 : 10.000

Anlage zu ALI MOHAMED, M.: Entwicklung eines großmaßstäbigen kartographisch- und GIS-gestützten Bewertungsverfahrens für suburbane Böden in Berlin

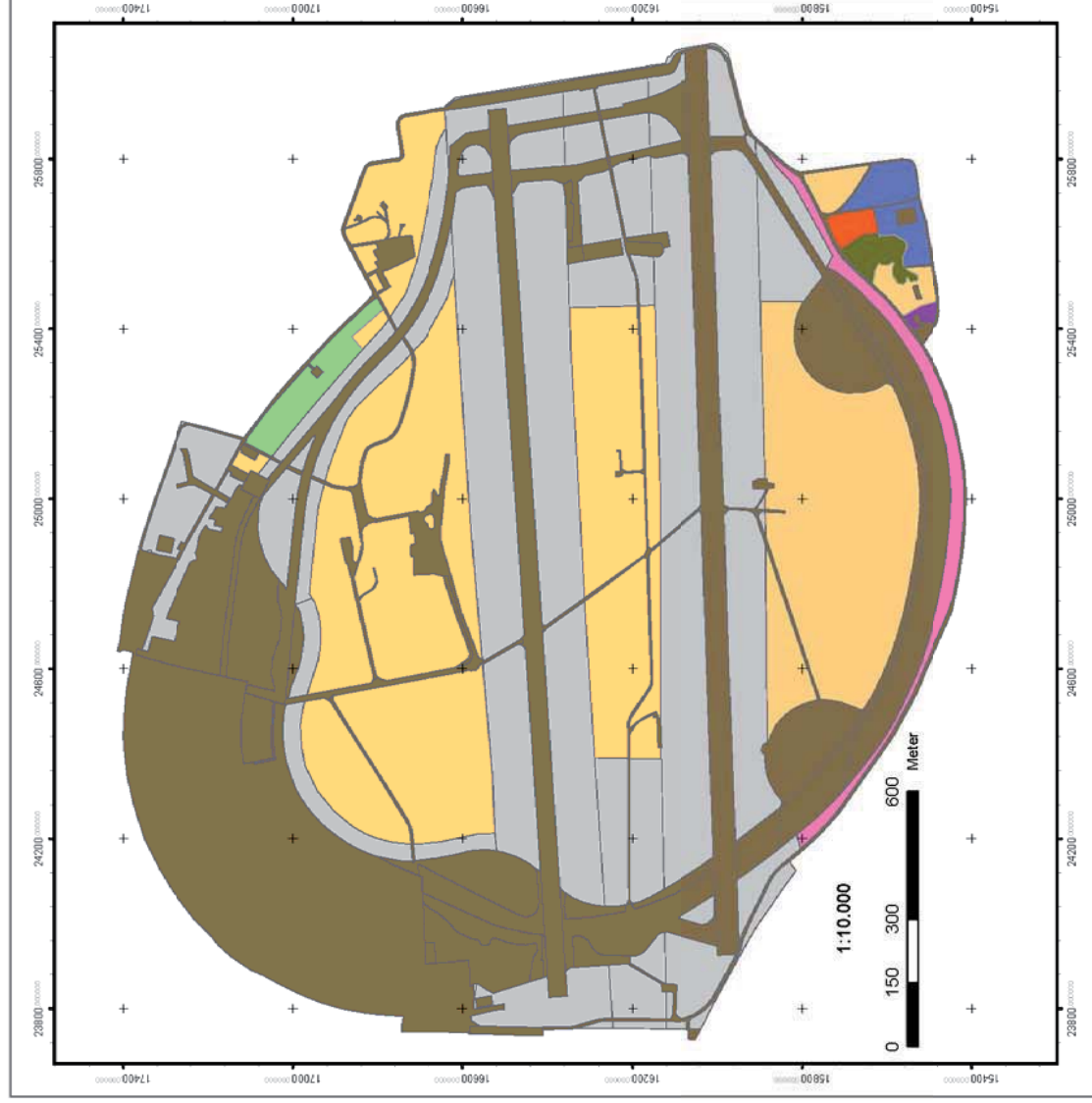


Geographisches Institut der HU-Berlin
Abt. Physische Geographie
Geomorphologie, Bodengeographie, Quartarforschung

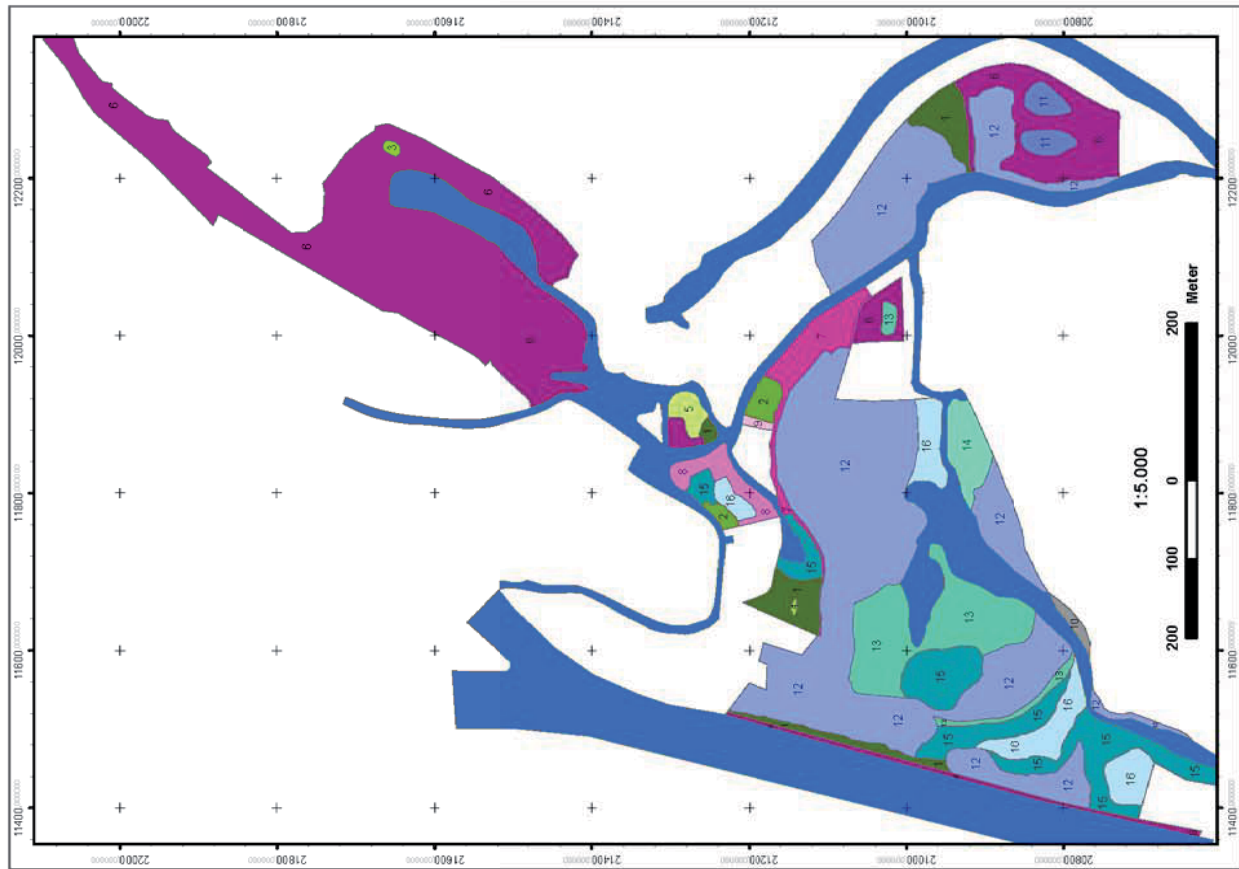
Bearbeiter: MOHAMED, M. Graphik: GIS-Darstellung Datum: 20.10.2009

GIS-gestützte kartographische Darstellung der automatisch konstruierten Bodennutzungstypenkarte.
Die Erstellung der Karte basiert auf der regelbasierten Interpretation der Daten der Bodenkartierung und Bodenschätzung nach KA4 und KA5

Lage des Gebietes (TK-Nr.): 413 Berlin, Soldner-Koordinaten, Anlagen: **Karte 4**



BODENKUNDLICHE KONZEPTKARTE (Bodentypen/Bodenformen Tiefwerder Wiese in Berlin-Spandau)

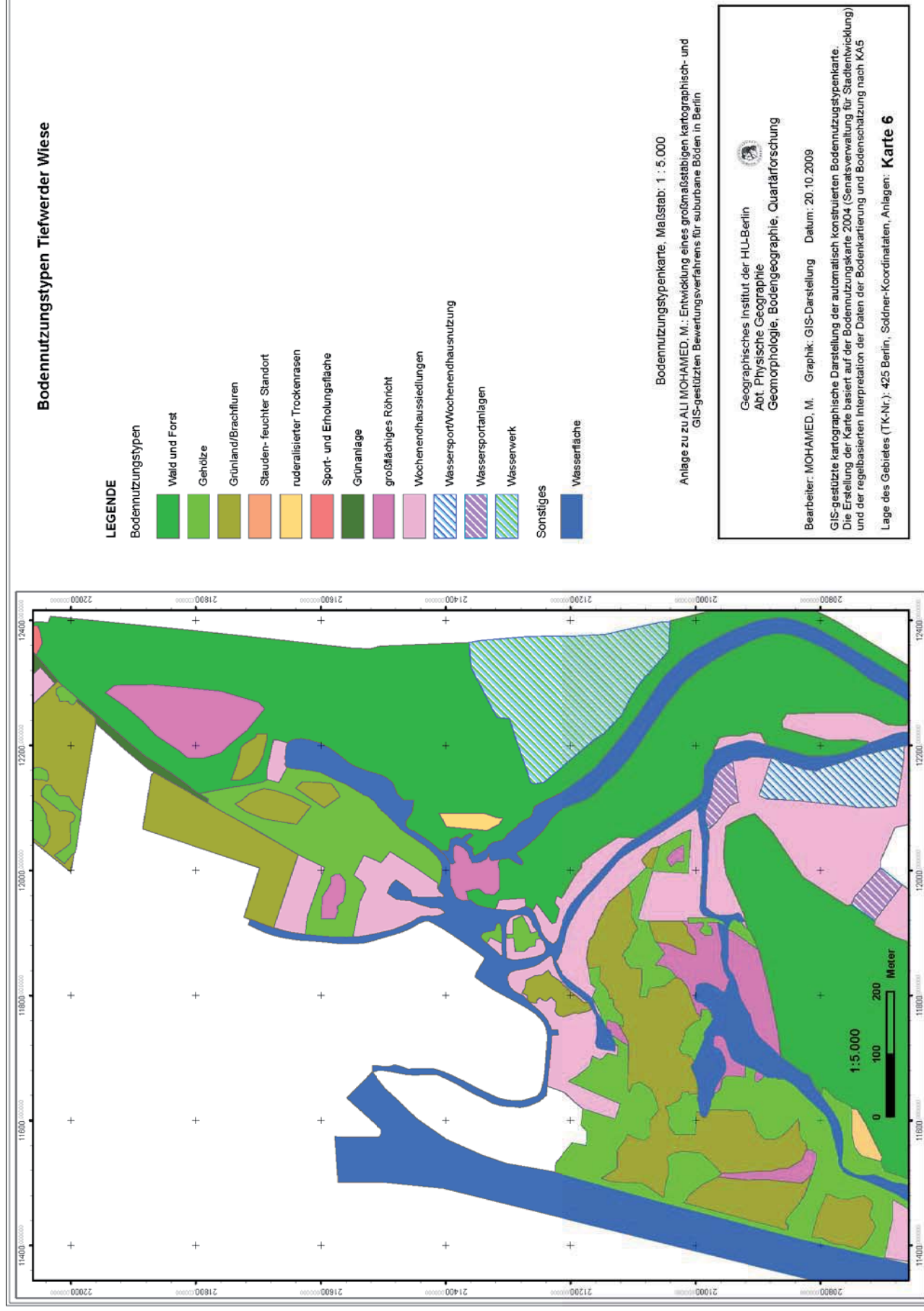


LEGENDE
Bodentypen
1 RQn/GGn
2 RQn/GGn
3 RQn/GGn
4 RQn/GGn
5 RQn/GGn
6 RZn
7 RZn/GGe
8 RZn/GGn
9 RZn/GGn
10 YK-GGW
11 kGGn
12 GGn
13 GGn
14 GGn/GHn
15 GMn
16 GHn
Sonsliges
Wasserfläche

ERKLÄRUNG DER SYMBOLE
1- RQn/GGn: Is (ss)/us ss; Regosol (Norm.) aus gemischtem Reinsand über Gley (Norm.) aus Auen-Schluffsand oder fluviallem Reinsand; jA(h)/yC(Go)Ga(Go-Gy)
2- RQn/GGn: Is us/Is lu; Regosol (Norm.) aus gemischtem Reinsand oder gemischtem Schluffsand über Gley (Norm.) aus Auen-Lehmsand oder Auen-Lehmschluff; jA(h)/yC(yC)Go(Go-Gy)Gr
3- RQn/GGn: Is/As; Regosol (Norm.) aus gemischtem Reinsand über reliktschem Gley (Norm.) aus Auen-Reinsand; jA(h)/yC(Ah)Gr(Go)Gr
4- RQn/GGn: s/su/su/su; Regosol (Norm.) aus gemischtem Sande Schluff über Nassgley (Norm.) aus Auen-Sande Schluff über fluviallem Reinsand; jA(h)/yC(Ah)Gr(Go-Gy)Gr
5- RQn/GGn: ss us/Is su; Regosol (Norm.) aus gemischtem Reinsand oder gemischtem Schluffsand über Nassgley (Norm.) aus gemischtem Schluffsand oder Auen-Sande Schluff; jA(h) (yC) yC(Go)Ga(Go-Gy)Gr
6- RZn: Is ss/Is; Pararendzina (Norm.) aus gemischtem Reinsand oder gemischtem Reinsand über gemischtem Reinsand; yJ(e)A(h)/yC
7- RZn/GGe: Is; Pararendzina (Norm.) aus gemischtem Reinsand über Gley aus Auen-Lehmsand; jA(h)/yC(yC)Go(Go)Gr
8- RZn/GGn: Is s/su/su; Pararendzina (Norm.) aus gemischtem Reinsand oder gemischtem Sande Schluff über gemischtem Reinsand über (Norm.) Gley aus Auen-Schluffsand; jA(h)/yC(Go)Ga(Go-Gy)Gr
9- RZn/GGn: us/Is; Pararendzina (Norm.) aus gemischtem Schluffsand über Nassgley (Norm.) aus Auen-Lehmschluff; jA(h)-yC(yC)Gr
10- YK-GGW: ss/Is; Kolluvial-Wechsellager aus kolluvialen Reinsand über kolluvialen Schluffsand; Ah-GwM-Gr
11- kGGn: Is/su; kolluvial geprägter Gley (Norm.) aus kolluvialen Reinsand über Auen-Sande Schluff; Ae-M(Ah)Go(Go)Gr
12- GGn: us/Is s/su/su/Is; Gley (Norm.) aus Auen-Schluffsand oder Reinsand oder Sande Schluff über Auen-Sande Schluff oder Auen-Sande Schluff über Auen-Reinsand oder Reinsand; Ah(Go)Go(Go)Gr
13- GHn: Lu/Is/Is; Nassgley (Norm.) aus Auen-Lehmschluff oder Normalschluff über Auen-Lehmsand; Ah(Go)Go(Go)Gr
14- GGn/GHn: Lu/Is/Is/Is; Nassgley (Norm.) aus Auen-Lehmschluff über Moorgley (Norm.) aus Nieder-moorort über limtischem Sandmudde; aAh-Go(Go)Gr(Hr)Gr
15- GMn: Is/Is s/su/su; Ammoorgley (Norm.) aus Auen-Lehmsand über Auen-Reinsand oder Schluff-mudde über Auen-Schluffsand über Auen-Lehmsand; Aa(Fo)Go(Go)Gr
16- GHn: Hr/Is/Is/Is/Is; Moorgley (Norm.) aus Nieder-moorort über Reinschluff oder Schluff-schluff oder Reinschluff über Auen-Reinsand oder Reinsand oder Sandmudde; rHr/Is/Gr

Bodentypenkarte, Maßstab: 1 : 5.000
Anlage zu ALI MOHAMED, M.: Entwicklung eines großmaßstabigen kartographisch- und GIS-gestützten Bewertungsverfahrens für suburbane Böden in Berlin

Geographisches Institut der HU-Berlin
Abt. Physische Geographie
Geomorphologie, Bodengeographie, Quartärforschung
Bearbeiter: MOHAMED, M. Graphik: GIS-Darstellung Datum: 20.10.2009
GIS-gestützte kartographische Darstellung der automatisch konstruierten Bodenkonzepkarte (Bodentypen). Die Bodenverteilung basiert auf der regelbasierten Interpretation der Daten der Bodenkartierung und Boden-schätzung, Geologie und Landnutzung im Untersuchungsgebiet
Lage des Gebietes (TK-Nr.): 425 Berlin, Södnr-Koordinaten, Anlagen: **Karte 5**



Abstrakt

Der Bodenschutz in städtischen Ballungsräumen wie Berlin hat die Ziele, den Flächenverbrauch zu minimieren und noch vorhandene Bodenfunktionen zu sichern. Vor diesem Hintergrund ist eine Neufassung eines überregional und allgemein anwendbaren großmaßstäbigen Bewertungssystems erforderlich, das die Wiederherstellung von im Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG § 2, Abs. 2, 1998) genannten Bodenfunktionen und die Aspekte des vorsorgenden Bodenschutzes in Planungs-Zulassungsverfahren in Großstädten verstärkt berücksichtigen muss. Um dieses Bewertungssystem für Stadtböden zu entwickeln, werden hier die Bewertungsmethoden von Verfahren in Berlin, Hamburg und München auf ausgewählten Testflächen in der Stadt Berlin mit Hilfe der Kartographie und GIS angewendet und unter fachlichen Gesichtspunkten überprüft.

In Auswertung der drei ausführlich vorgestellten und diskutierten Verfahren hinsichtlich der gewonnenen Bewertungsergebnisse muss festgestellt werden, dass diese Verfahren auf Grundlage spezifischer Besonderheiten der bewerteten Gebiete der drei Großstädte begründet und an die speziellen Wertmaßstäbe dieser Gebiete angepasst und somit auf der unteren Planungsebene ($\geq 1:10.000$) nicht überregional oder allgemein anwendbar sind. Für ein allgemein anwendbares Bodenbewertungsverfahren wurden hier - in Anlehnung an die drei o.g. Verfahren - Bewertungsmethoden entwickelt. Diese Methoden ermöglichen eine funktionale Bewertung aller, sowohl der natürlichen als auch der anthropogenen Böden in Stadtgebieten hinsichtlich ihrer im BBodSchG genannten Funktionen. Außerdem wurde auch ein Modell zur möglichen aggregierten Gesamtbewertung der Leistungsfähigkeit dieser Böden in Bezug auf die Boden(teil)funktionen empfohlen, das ermöglicht:

- die detaillierte inhaltliche Differenzierung bei der Bewertung der potentiellen Zustände der Boden(teil)funktionen hinsichtlich ihrer natürlichen Leistungsfähigkeit
- die Anpassung des vorgeschlagenen Verfahrens hinsichtlich der aggregierten Gesamtbewertung an die spezifischen Verhältnisse der bewerteten Stadtgebiete wie Berlin und an die Planungsanforderungen aus Sicht des umfassenden Bodenschutzes. Dementsprechend weist das vorgeschlagene Verfahren als Instrument zur Entscheidungsfindung im Planungsprozess eine einfache Anwendbarkeit, eine hohe Transparenz und eine hohe Zuverlässigkeit auf.

Für die Anpassung dieses vorgeschlagenen Verfahrens an Berliner Böden zu einem räumlichen Planungsfall wird hier eine Methode zur aggregierten Gesamtbewertung dieser Böden hinsichtlich ihrer bewerteten Boden(teil)funktionen erarbeitet. In diesem Zusammenhang bewertet diese Methode die funktionale Leistungsfähigkeit der Berliner Böden mit dem Ziel, besonders schutzwürdige Böden im Stadtraum zu erhalten. Außerdem werden auch Vorschläge vorgestellt, welche die Integration der Ergebnisse der Bodenbewertung in die Raumplanung, insbesondere in die Bauleitplanung (Flächennutzungsplanung bzw. Bebauungsplan), und die Darstellung der Prognose von möglichen Eingriffen, die im Rahmen dieser Planungen auftreten können, ermöglichen. Also ist das vorgeschlagene Bewertungssystem ein Instrument des vorsorgenden Bodenschutzes in Großstädten. Letztlich werden mögliche Vorschläge zur Verbesserung der Bodenfunktionsbewertung bzw. dieses Bewertungsverfahrens vorgelegt.

Abschließend lässt sich sagen, dass das vorgeschlagene großmaßstäbige Bewertungsverfahren, das für die Anwendung im großen Maßstabsbereich ($\geq 1: 10.000$) konzipiert, hinsichtlich der Ergebnisse, die für den Einsatz im Bodenschutz und in der Planungspraxis für Großstädte abgeleitet werden, dem Planungsträger Empfehlungen als „Entscheidungsgrundlage“, insbesondere für planerische Fragestellungen - ob ein Standort mit seinen Böden mehr oder weniger schützenswert ist, liefern kann.

Abstract

The soil conservation in urban agglomerations such as Berlin aims to minimize the consumption of land and to preserve existing services and functions. It is against this background that a revision of nationwide and commonly applicable large scale evaluation systems is required, which will take greater account of the restoration of soil functions, which are directed in the Federal Soil Protection Act (§ 2, para 2, 1998), and aspects of preventing soil conservation within planning and approval procedures. In order to develop an evaluation system for soil functioning in urban areas, the valuation methods of different procedures in Berlin, Hamburg and Munich have been practically applied, based on the cartography and GIS to selected test sites in Berlin, and their value was subsequently evaluated and reviewed with regard to technical aspects.

Based on the detailed evaluation of the three presented and discussed procedures, it has been found that such procedures have been founded and adapted to specific standards in each of the three cities, based on specific characteristics of each area. Therefore, these procedures are not on the lower planning level ($\geq 1:10,000$) over-regionally and commonly applicable. Based on the three above procedures, evaluation methods have been developed here in order to have an over regionally and commonly applicable large scale evaluation system. These methods allow here a functional evaluation of all, both natural and anthropogenic soils in urban areas relating to their functions, which are directed in the Federal Soil Protection Act. In addition, a model is recommended for the possible overall aggregate assessment of the potential capability of the soil in relation to the soil (sub-) functions. This model allows for:

- The detailed content of differentiation in the evaluation of potential conditions of soil (sub) functions relating to their natural capability.
- The adaptation of the proposed procedure relating to the overall aggregate assessment of soil functions to specific conditions of the assessed urban areas, such as Berlin, and to the planning requirements of comprehensive soil conservation.

Accordingly, the proposed method as an instrument for decision making in the planning process has easy applicability, high transparency and high reliability.

A method of overall aggregate assessment of soils relating to their (sub) functions was developed for the adaptation of the proposed procedure to soils of Berlin to a spatial planning purpose. In this context, this method evaluates the functional capability of the soil of Berlin for conservation, especially, the sensitive soils, which require special protection in the city space. In addition, compartments are presented here for integrating the results of the soil evaluation in urban landuse planning, particularly in zoning (landuse and development plan) and for the presentation of the forecast of possible interference, which may occur in the context of these plans.

Thus, the proposed assessment system of soils is an instrument of preventive soil conservation in big cities. Finally, possible suggestions are presented to improve both, soil function evaluation and the evaluation system.

In conclusion, the proposed assessment procedures, which are designed for use on the scale of 1:10,000 or larger, based on the results, which are derived for the application in soil conservation and planning in big cities, serve the purpose of supporting cities and their development bodies as “planning recommendations”, especially for planning issues such as, making a decision, if the soils found at one specific location are of higher conservational value than the soils found at another location.

Erklärung

Hiermit versichere ich,

dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig, ohne unerlaubte Hilfe und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommen Inhalte sind als solche kenntlich gemacht.

dass ich mich nicht anderwärts um einen Doktorgrad beworben habe und keinen Doktorgrad im Promotionsfach besitze; und

dass ich Kenntnis der diesem Promotionsverfahren zugrunde liegenden Promotionsordnung vom 03.08.2006 habe.

Mohamed Ali Mohamed

Berlin, den 12.02.2010